



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INTELIGENTE
UTILIZANDO EL INTERNET DE LAS COSAS**

TESIS QUE PRESENTA

Martín de Jesús Flores Ibarra

**PARA OBTENER EL GRADO EN MAESTRÍA EN
INFORMÁTICA Y SISTEMAS COMPUTACIONALES**

COTUTORES

Dra. Lizeth Itziguery Solano Romo

Dr. Juan Manuel Gómez Reynoso

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORAL

Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado

MITC Javier Santiago Cortés López

Aguascalientes, Ags, 1 de Junio del 2022

Autorizaciones

Autorización de los Cotutores

CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL

M EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ
DECANO DEL CENTRO CIENCIAS BÁSICAS

PRESENTE

Por medio del presente como **COTUTORA** designada del estudiante **MARTÍN DE JESÚS FLORES IBARRA** con ID 179149 quien realizó la tesis titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INTELIGENTE UTILIZANDO EL INTERNET DE LAS COSAS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"
Aguascalientes, Ags., a 13 de Mayo del 2022.


Dra. Lizeth Itziguery Solano Romo
Cotutora de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL

M EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ
DECANO DEL CENTRO CIENCIAS BÁSICAS

PRESENTE

Por medio del presente como **COTUTOR** designado del estudiante **MARTÍN DE JESÚS FLORES IBARRA** con ID 179149 quien realizó la tesis titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INTELIGENTE UTILIZANDO EL INTERNET DE LAS COSAS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

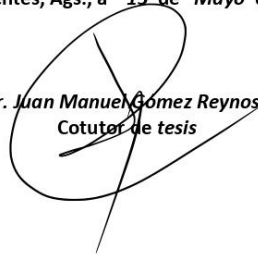
Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 13 de Mayo del 2022.

Dr. Juan Manuel Gómez Reynoso
Cotutor de tesis



c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-07
Actualización: 01
Emisión: 17/05/19

Autorización del Comité Tutorial

CARTA DE VOTO APROBATORIO INDIVIDUAL

M EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ
DECANO DEL CENTRO CIENCIAS BÁSICAS

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **MARTÍN DE JESÚS FLORES IBARRA** con ID 179149 quien realizó la tesis titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INTELIGENTE UTILIZANDO EL INTERNET DE LAS COSAS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 13 de Mayo del 2022.



MITC Javier Santiago Cortés López
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-07
Actualización: 01
Emisión: 17/05/19



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL

M EN C. JORGE MARTÍN ALFÉREZ CHÁVEZ
DECANO DEL CENTRO CIENCIAS BÁSICAS

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **MARTÍN DE JESÚS FLORES IBARRA** con ID 179149 quien realizó la tesis titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INTELIGENTE UTILIZANDO EL INTERNET DE LAS COSAS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 13 de Mayo de 2022.

Dr. Carlos Argelio Arévalo Mercado
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-07
Actualización: 01
Emisión: 17/05/19

Autorización del Decano



DICTAMEN DE LIBERACION ACADEMICA PARA INICIAR LOS TRAMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación dd/mm/aaaa: 16/05/22

NOMBRE: Martín de Jesús Flores Ibarra ID 179149

PROGRAMA: Maestría en Informática y Tecnologías computacionales LGAC (del posgrado): Gestión de sistemas y tecnologías de la información para mejorar competitividad, innovación y cambio organizacional

TIPO DE TRABAJO: (X) Tesis () Trabajo Práctico

TITULO: Implementación de un invernadero inteligente utilizando el internet de las cosas

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):
 Se logro realizar un trabajo innovador que podría ayudar a mejorar la forma en que hasta ahora se han llevado acabo los cultivos, consiguiendo de esta manera cultivos que maximizan la utilización del agua y los nutrientes con una mejor relación costo beneficio para los agricultores, debido a que se minimiza las posibles pérdidas por situaciones climáticas, igualmente se puede optimizar la maduración y corte de los vegetales y/o frutas y con esto reducir el desperdicio por corte tardío o muy anticipado, además administrar lo más cercano al óptimo posible un invernadero para cultivos por parte de personas que no necesitan ser capacitados intensivamente en el uso de la tecnología, entre otras.

| INDICAR | SI | NO | N.A. (NO APLICA) | SEGÚN CORRESPONDA: |
|--|----|----|------------------|---|
| <i>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</i> | | | | |
| SI | | | | El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado |
| SI | | | | La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario |
| SI | | | | Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado |
| SI | | | | Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda |
| SI | | | | Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área |
| SI | | | | El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área |
| SI | | | | Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país |
| SI | | | | Generó transferencia del conocimiento o tecnológica |
| SI | | | | Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio) |
| <i>El egresado cumple con lo siguiente:</i> | | | | |
| SI | | | | Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia |
| SI | | | | Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estanda, predoctoral, etc) |
| SI | | | | Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutoral, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor |
| SI | | | | Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario |
| SI | | | | Coincide con el título y objetivo registrado |
| SI | | | | Tiene congruencia con cuerpos académicos |
| SI | | | | Tiene el CVU del Conacyt actualizado |
| SI | | | | Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda) |
| <i>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</i> | | | | |
| N.A. | | | | Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa |
| N.A. | | | | El estudiante es el primer autor |
| N.A. | | | | El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico |
| N.A. | | | | En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación. |
| N.A. | | | | Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados |
| N.A. | | | | La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto |

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado: Sí X
No

Elaboró: FIRMAS
 * NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCION: Dr. Cesar Eduardo Velásquez Amador
 NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO: MITC Jorge Eduardo Macías Luevano
 * En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutoral, asignado por el Decano
Revisó: Dra. Haydee Martínez Ruvalcaba
 NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:
Autorizó: M. en C. Jorge Martín Alférez Chávez
 NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado
 En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: ... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Elaborado por: D. Apoyo al Posg.
 Revisado por: D. Control Escolar/D. Gestión de Calidad.
 Aprobado por: D. Control Escolar/D. Apoyo al Posg.

Código: DO-SEE-FO-15
 Actualización: 01
 Emisión: 28/04/20

Agradecimientos

Al finar este proyecto quiero utilizar este espacio para agradecer a el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca otorgada para poder realizar la investigación necesaria para esta tesis.

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes por permitirme la posibilidad de tomar la Maestría en Informática y Tecnologías Computacionales y así poder seguir preparándome académicamente.

A mi tutora la doctora Lizeth Itziguery Solano Romo y a mi cotutor el doctor Juan Manuel Gómez Reynoso, un agradecimiento especial por su tiempo, guía y orientación en diferentes formas, debía que sin estos no podría a ver sido posible concluir este proyecto.

Al doctor Carlos Argelio Arévalo Mercado y al maestro Javier Santiago Cortés López, quienes forman parte de mi comité tutorial y que gracias a sus consejos y con aportaciones se pudo avanzar en el proyecto.

A la empresa Soluciones Integrales en Computación y Negocios de Aguascalientes SC (Grupo Sinco), que me dio la posibilidad de realizar mis estancias profesionalizantes y poner en práctica los conocimientos adquiridos en la maestría y poder desarrollar conocimientos nuevos.

A mis padres Martín de Jesús Flores Ibarra y Leticia Ibarra Castañeda, como a mi hermana Joselyn Georgina Flores Ibarra por apoyarme cada día e impulsarme a seguir avanzando.

Índice General

| | |
|--|----|
| Índice General | 1 |
| Índice de Tablas..... | 4 |
| Índice de Gráficas o Figuras | 7 |
| Acrónimos | 12 |
| Resumen..... | 14 |
| Abstract | 15 |
| Introducción..... | 16 |
| 1. Planteamiento del Problema | 18 |
| 1.1 Problema | 18 |
| 1.2 Posibles Soluciones Actuales..... | 19 |
| 1.2.1 Agricultura de precisión | 19 |
| 1.2.2 Granjas verticales | 20 |
| 1.2.3 Arquitectura urbana verde de alimentos y el ZFarming | 21 |
| 2. Objetivos de la Intervención | 23 |
| 2.1 Objetivo General | 23 |
| 2.2 Objetivos Especifico | 23 |
| 2.3 Preguntas de la Investigación | 23 |
| 2.4 Propuesta | 23 |
| 3. Fundamentación Teórica / Marco Teórico..... | 24 |
| 3.1 TICs..... | 24 |
| 3.1.1 La agricultura en las TICs..... | 28 |
| 3.2 IoT..... | 29 |
| 3.2.1 Aplicaciones del IoT..... | 31 |
| 3.2.2 IoT en el área de la agricultura..... | 32 |
| 3.2.3 IoT implementado en Invernaderos..... | 33 |
| 3.3 Tecnología utilizada..... | 34 |
| 4. Diseño de la intervención..... | 35 |
| 4.1 Recolección y refinamiento de requisitos..... | 35 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.1.1 | Requerimientos funcionales | 35 |
| 4.1.2 | Requerimientos no funcionales: | 36 |
| 4.2 | Metodología seleccionada | 37 |
| 4.3 | Desarrollo de la Aplicación Móvil..... | 38 |
| 4.3.1 | Versión 1 Etapa 1 – Modelado rápido..... | 38 |
| 4.3.2 | Versión 1 Etapa 2 – Flujo de pantallas | 42 |
| 4.3.3 | Versión 1 Etapa 3 – Introduciendo la base de datos y autenticación de acceso | 46 |
| 4.3.4 | Versión 2 – Validaciones de seguridad y Modo avanzado | 54 |
| 4.4 | Base de datos | 65 |
| 4.4.1 | Firestore Realtime Database..... | 65 |
| 4.4.2 | Implementación | 66 |
| 4.5 | Desarrollo de la aplicación de IoT | 68 |
| 4.5.1 | Hardware..... | 68 |
| 4.5.2 | Sistema operativo | 68 |
| 4.5.3 | Software | 69 |
| 4.6 | Métricas | 70 |
| 4.6.1 | Modelo de calidad..... | 71 |
| 4.6.2 | Definición de las variables..... | 71 |
| 5. | Discusión de Resultados..... | 75 |
| 5.1 | Prueba piloto..... | 75 |
| 5.1.1 | Descripción de la muestra..... | 75 |
| 5.1.2 | Análisis de confiabilidad..... | 80 |
| 5.1.3. | Estadísticos descriptivos | 87 |
| 5.1.4. | Resultados de la herramienta | 88 |
| 5.1.5. | Marcas de tiempo | 94 |
| 5.2. | Valoración por los usuarios objetivo..... | 96 |
| 5.2.1. | Descripción de la muestra..... | 96 |
| 5.2.2. | Análisis de datos..... | 103 |
| 5.2.3. | Análisis de datos para el producto en general..... | 158 |
| 6. | Conclusiones | 162 |
| 6.1. | Posibles causas por las cuales no se alcanzó el óptimo en algunas variables | 163 |
| 6.2. | Limitantes..... | 167 |

6.3. Trabajos futuros 167
Glosario 171
Referencias..... 172



Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Hogares con Equipamiento de Tecnología de Información y Comunicaciones ... | 27 |
| Tabla 2. Valores óptimos de algunos cultivos..... | 67 |
| Tabla 3. Factores para la categoría de la Eficiencia de desempeño..... | 72 |
| Tabla 4. Factores para la categoría de la Usabilidad..... | 72 |
| Tabla 5. Variables por factor para la categoría de la Eficiencia de desempeño..... | 72 |
| Tabla 6. Variables por factor para la categoría de la Usabilidad..... | 73 |
| Tabla 7. Propiedades de las variables definidas..... | 74 |
| Tabla 8. Tamaño de la muestra de la prueba piloto..... | 75 |
| Tabla 9. Edad de los encuestados en la prueba piloto..... | 76 |
| Tabla 10. Género con el cual se identifica de la prueba piloto..... | 77 |
| Tabla 11. Experiencia con el uso de las computadoras de la prueba piloto..... | 78 |
| Tabla 12. Experiencia con el uso de los dispositivos móviles de la prueba piloto..... | 79 |
| Tabla 13. Experiencia con el uso de Internet de la prueba piloto..... | 80 |
| Tabla 14. Valores para la interpretación del alfa de Cronbach..... | 81 |
| Tabla 15. Factores y alfa de Cronbach para el factor Comportamiento temporal de la prueba piloto..... | 81 |
| Tabla 16. Factores y alfa de Cronbach para el factor Capacidad de la prueba piloto..... | 82 |
| Tabla 17. Factores y alfa de Cronbach para el factor Capacidad de aprendizaje de la prueba piloto..... | 82 |
| Tabla 18. Factores y alfa de Cronbach para el factor Capacidad para ser usado de la prueba piloto..... | 83 |
| Tabla 19. Factores y alfa de Cronbach para el factor Capacidad para ser usado (modificada) de la prueba piloto..... | 84 |
| Tabla 20. Factores y alfa de Cronbach para el factor Protección contra errores de usuario de la prueba piloto..... | 84 |
| Tabla 21. Factores y alfa de Cronbach para el factor Estética de la interfaz de usuario de la prueba piloto..... | 85 |
| Tabla 22. Factores y alfa de Cronbach de todas las variables usadas para la muestra piloto..... | 86 |
| Tabla 23. Estadísticos descriptivos de la prueba piloto para la categoría de Eficiencia de desempeño..... | 87 |
| Tabla 24. Estadísticos descriptivos de la prueba piloto para la categoría de Usabilidad... | 88 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 25. Interpretación para las calificaciones promedio en la prueba piloto | 89 |
| Tabla 26. Estadísticos de los tiempos aceptados en la prueba piloto | 95 |
| Tabla 27. Estadísticos de los tiempos aceptados (Corregido) en la prueba piloto | 96 |
| Tabla 28. Tamaño de la muestra con los usuarios objetivo | 97 |
| Tabla 29. Edad de los encuestados de los usuarios objetivo..... | 98 |
| Tabla 30. Género con el cual se identifica de los usuarios objetivo | 99 |
| Tabla 31. Último nivel de escolaridad terminado de los usuarios objetivo | 100 |
| Tabla 32. Experiencia con el uso de las computadoras de los usuarios objetivo | 101 |
| Tabla 33. Experiencia con el uso de los dispositivos móviles de los usuarios objetivo ... | 102 |
| Tabla 34. Experiencia con el uso de Internet de los usuarios objetivo | 103 |
| Tabla 35. Rango de valores para interpretar la calidad de la aplicación | 104 |
| Tabla 36. Análisis estadístico descriptivo para la variable tiempo de respuesta de los elementos en pantalla | 105 |
| Tabla 37. Análisis estadístico descriptivo para la variable tiempo de transición entre pantallas..... | 107 |
| Tabla 38. Análisis estadístico descriptivo para la variable tiempo de carga de contenido | 109 |
| Tabla 39. Análisis estadístico descriptivo para la variable de cantidad de variables para administrar el invernadero | 111 |
| Tabla 40. Análisis estadístico descriptivo para la variable precisión de la temperatura .. | 113 |
| Tabla 41. Análisis estadístico descriptivo para la variable precisión de la humedad..... | 115 |
| Tabla 42. Análisis estadístico descriptivo para la variable tiempo de respuesta de los elementos en pantalla | 117 |
| Tabla 43. Análisis estadístico descriptivo para la variable cantidad de vegetales para usar en el invernadero | 119 |
| Tabla 44. Análisis estadístico descriptivo para la variable iconos reconocibles | 121 |
| Tabla 45. Análisis estadístico descriptivo para la variable lenguaje utilizado | 123 |
| Tabla 46. Análisis estadístico descriptivo para la variable número de clic para realizar una acción..... | 125 |
| Tabla 47. Análisis estadístico descriptivo para la variable de constancia entre las paginas | 127 |
| Tabla 48. Análisis estadístico descriptivo para la variable de interfaces fáciles de entender | 129 |

Tabla 49. Análisis estadístico descriptivo para la variable facilidad de uso..... 131

Tabla 50. Análisis estadístico descriptivo para la variable facilidad de realizar acciones 133

Tabla 51. Análisis estadístico descriptivo para la variable flujo de pantallas lógico 135

Tabla 52. Análisis estadístico descriptivo para la variable preguntas de confirmación de acciones..... 137

Tabla 53. Análisis estadístico descriptivo para la variable claridad en los mensajes de error 139

Tabla 54. Análisis estadístico descriptivo para la variable mensajes de error entendibles 141

Tabla 55. Análisis estadístico descriptivo para la variable sugerencia de como llenar los datos 143

Tabla 56. Análisis estadístico descriptivo para la variable recuperación de errores..... 145

Tabla 57. Análisis estadístico descriptivo para la variable distribución de los elementos en pantalla 147

Tabla 58. Análisis estadístico descriptivo para la variable diseño de pantalla agradable 149

Tabla 59. Análisis estadístico descriptivo para la variable contraste de elementos en pantalla 151

Tabla 60. Análisis estadístico descriptivo para la variable combinación de colores 153

Tabla 61. Análisis estadístico descriptivo para la variable tipo de letra..... 155

Tabla 62. Análisis estadístico descriptivo para la variable tamaño de letra..... 157

Tabla 63. Análisis estadístico descriptivo para el producto en general 159

Tabla 64. Frecuencia de valores en las encuestas de calidad para el producto en general 160

Índice de Gráficas o Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Agricultura de Precisión..... | 19 |
| Figura 2. Granja vertical en un área limitada | 20 |
| Figura 3. Agricultura de cero superficies (ZFarming) | 21 |
| Figura 4. Principal uso de internet por usuario en México en el año 2019 | 28 |
| Figura 5. Ecosistema base para el internet de las cosas..... | 30 |
| Figura 6. Interés a lo largo del tiempo en el tema IoT (año 2004 – 2020)..... | 31 |
| Figura 7. Interés a lo largo del tiempo del tema Smart agriculture y agricultura inteligente (año 2004 – 2020)..... | 33 |
| Figura 8. Metodología de modelo de prototipos..... | 37 |
| Figura 9. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de acceso | 38 |
| Figura 10. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de nuevo registro | 39 |
| Figura 11. Ver. 1 E. 1 – Pantalla del control del invernadero vacía..... | 39 |
| Figura 12. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de cultivo nuevo | 39 |
| Figura 13. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de cultivo nuevo – Opciones avanzadas | 40 |
| Figura 14. Ver. 1 E. 1 – Pantalla del control del invernadero con cultivos..... | 40 |
| Figura 15. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de un cultivo en específico | 41 |
| Figura 16. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de registro..... | 41 |
| Figura 17. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de registro..... | 42 |
| Figura 18. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de nuevo registro | 43 |
| Figura 19. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de control del invernadero..... | 43 |
| Figura 20. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de nuevo cultivo | 44 |
| Figura 21. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de cultivo específico | 44 |
| Figura 22. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de registro..... | 45 |
| Figura 23. Ver. 1 E. 3 – Pantalla de acceso | 46 |
| Figura 24. Ver. 1 E. 3 – Pantalla de nuevo registro usando el número telefónico | 47 |
| Figura 25. Ver. 1 E. 3 – Verificación de no ser un bot..... | 47 |
| Figura 26. Ver. 1 E. 3 – Notificaciones del código de autenticación y mensaje de texto .. | 47 |
| Figura 27. Ver. 1 E. 3 – Pantalla de nuevo registro usando una cuenta de Gmail | 48 |
| Figura 28. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de control del invernadero..... | 49 |
| Figura 29. Ver. 1 E. 3 - Cerrar sesión desde la barra superior..... | 49 |
| Figura 30. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de la barra lateral | 50 |
| Figura 31. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de ABC de los vegetales..... | 50 |

Figura 32. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de agregar un vegetal nuevo51

Figura 33. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de eliminar un vegetal.....51

Figura 34. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de editar un vegetal51

Figura 35. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de editar el perfil del usuario52

Figura 36. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de cultivo en específico.....52

Figura 37. Ver. 1 E. 3 - Pantalla donde se ve el título del campo encima del espacio para escribir 53

Figura 38. Ver. 2 - Pantalla de acceso.....54

Figura 39. Ver. 2 - Pantalla de control del invernadero55

Figura 40. Ver. 2 - Pantalla de carga del control del invernadero55

Figura 41. Ver. 2 - Pantalla de la barra lateral56

Figura 42. Ver. 2 - Pantalla de agregar un vegetal nuevo.....56

Figura 43. Ver. 2 - Error de campo vacío en la Pantalla de agregar un vegetal nuevo56

Figura 44. Ver. 2 - Pantalla de editar un vegetal.....57

Figura 45. Ver. 2 - Error de campo vacío en la Pantalla de editar un vegetal57

Figura 46. Ver. 2 - Mensaje de precaución en la Pantalla para eliminar un vegetal57

Figura 47. Ver. 2 - Pantalla de ABC de zonas58

Figura 48. Ver. 2 - Pantalla de ABC de zonas cuando no hay zonas registradas58

Figura 49. Ver. 2 - Pantalla de agregar una zona nueva.....59

Figura 50. Ver. 2 - Error de campo vacío de la Pantalla de agregar una zona nueva59

Figura 51. Ver. 2 - Mensaje de precaución en la Pantalla para eliminar una zona.....59

Figura 52. Ver. 2 - Mensaje de información, fecha aún no transcurrida para la pantalla de Agregar un nuevo cultivo.....60

Figura 53. Ver. 2 - Mensaje de información, fecha muy antigua para la pantalla de Agregar un nuevo cultivo.....60

Figura 54. Ver. 2 - Pantalla de cultivo específico61

Figura 55. Ver. 2 - Mensaje de precaución en la Pantalla de cultivo específico61

Figura 56. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado62

Figura 57. Ver. 2 - Pantalla de carga del modo avanzado62

Figura 58. Ver. 2 - Pantalla de modo avanzado - Factor tiempo.....62

Figura 59. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado – Factor temperatura63

Figura 60. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado – Factor temperatura continuación.....63

Figura 61. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado – Factor humedad.....64

Figura 62. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado – Factor iluminación..... 65

Figura 63. Estructura de la base de datos en Firebase Realtime Database 66

Figura 64. Autenticación de Firebase 67

Figura 65. Placa PINE A64-LTS 68

Figura 66. Aplicación de IoT 69

Figura 67. Calidad del producto software. Modelo ISO/IEC 25010 71

Figura 68. Gráfico de pastel que representa el tamaño de la muestra de la prueba piloto 76

Figura 69. Gráfico de pastel que representa el género con el cual se identifica de la prueba piloto 77

Figura 70. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de las computadoras de la prueba piloto 78

Figura 71. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de los dispositivos móviles de la prueba piloto..... 79

Figura 72. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de Internet de la prueba piloto 80

Figura 73. Gráfico de barras para el factor Comportamiento temporal de la prueba piloto 89

Figura 74. Gráfico de barras para el factor Capacidad de la prueba piloto 90

Figura 75. Gráfico de barras para el factor Capacidad de aprendizaje de la prueba piloto 91

Figura 76. Gráfico de barras para el factor Capacidad para ser usado de la prueba piloto 92

Figura 77. Gráfico de barras para el factor protección contra errores de usuario de la prueba piloto 92

Figura 78. Gráfico de barras para el factor Estética de la interfaz de usuario de la prueba piloto 93

Figura 79. Grafica de barras para la Calificaciones de todos los factores en la prueba piloto 94

Figura 80. Gráfico de pastel que representa el tamaño de la muestra de los usuarios objetivo..... 97

Figura 81. Gráfico de pastel que representa la edad de los usuarios objetivo 98

Figura 82. Gráfico de pastel que representa el género con el cual se identifica de los usuarios objetivo 99

Figura 83. Grafica de pastel que representa el último nivel de escolaridad terminado de los usuarios objetivo..... 100

Figura 84. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de las computadoras de los usuarios objetivo..... 101

Figura 85. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de los dispositivos móviles de los usuarios objetivo 102

Figura 86. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de Internet de los usuarios objetivo 103

Figura 87. Histograma para la variable tiempo de respuesta de los elementos en pantalla 106

Figura 88. Histograma para la variable tiempo de transición entre pantallas 108

Figura 89. Histograma para la variable tiempo de carga de contenido 110

Figura 90. Histograma para la variable de cantidad de variables para administrar el invernadero 112

Figura 91. Histograma para la variable precisión de la temperatura 114

Figura 92. Histograma para la variable tiempo de respuesta de los elementos en pantalla 116

Figura 93. Histograma para e la variable precisión de la iluminación 118

Figura 94. Histograma para la variable cantidad de vegetales para usar en el invernadero 120

Figura 95. Histograma para la variable iconos reconocibles 122

Figura 96. Histograma para la variable de lenguaje utilizado..... 124

Figura 97. Histograma para la variable número de clic para realizar una acción 126

Figura 98. Histograma para la variable constancia entre las paginas 128

Figura 99. Histograma para la variable interfaces fáciles de entender..... 130

Figura 100. Histograma para la variable facilidad de uso 132

Figura 101. Histograma para la variable facilidad de realizar acciones..... 134

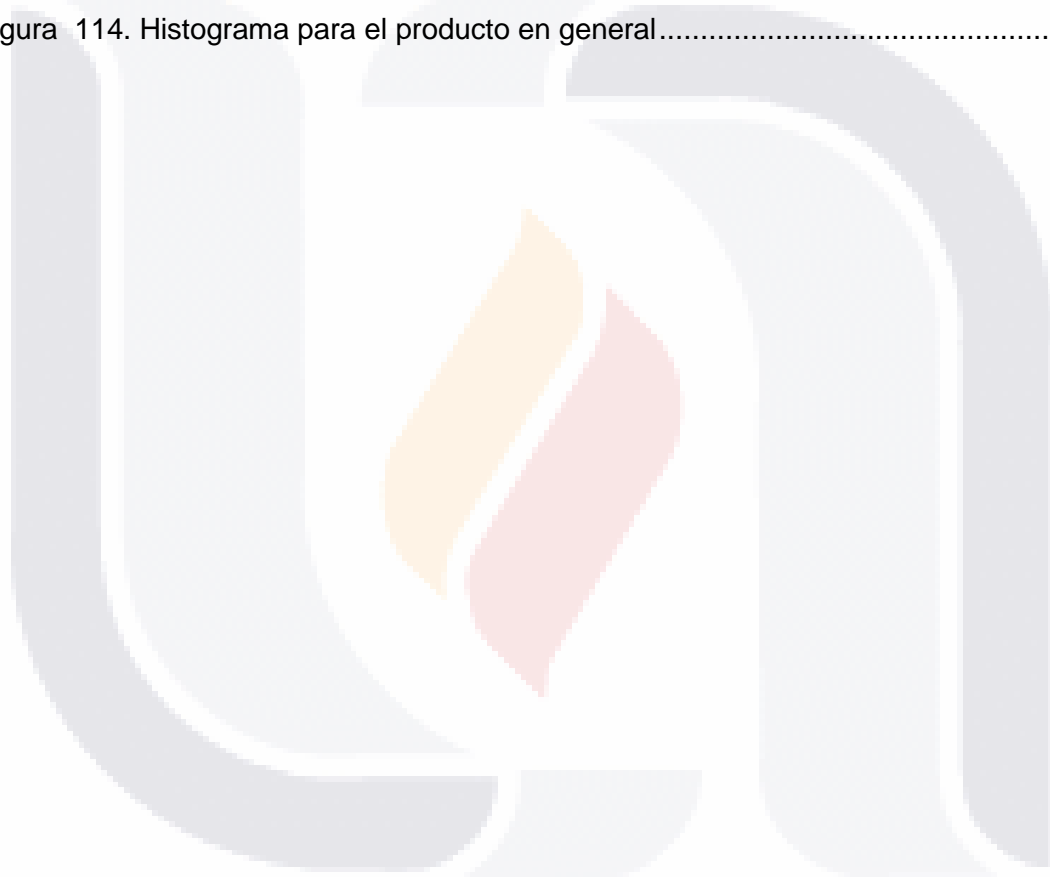
Figura 102. Histograma para la variable flujo de pantallas lógico 136

Figura 103. Histograma para la variable preguntas de confirmación de acciones 138

Figura 104. Histograma para la variable claridad en los mensajes de error..... 140

Figura 105. Histograma para la variable mensajes de error entendibles 142

Figura 106. Histograma para la variable sugerencia de como llenar los datos 144
Figura 107. Histograma para la variable recuperación de errores 146
Figura 108. Histograma para la variable distribución de los elementos en pantalla 148
Figura 109. Histograma para la variable diseño de pantalla agradable..... 150
Figura 110. Histograma para la variable contraste de elementos en pantalla 152
Figura 111. Histograma para la variable combinación de colores..... 154
Figura 112. Histograma para la variable tipo de letra 156
Figura 113. Histograma para la variable tamaño de letra 158
Figura 114. Histograma para el producto en general..... 160



Acrónimos

| Acrónimo | Inglés | Español |
|----------|---|--|
| ABC | - | Altas, bajas y cambios |
| APK | Android Application Package | Paquete de aplicaciones de Android |
| ENDUTIH | - | Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares |
| GB | Gigabyte | - |
| GHz | Gigahertz | Gigahercio |
| GPS | Global Positioning System | Sistema de Posicionamiento Global |
| IEC | International Electrotechnical Commission | Comisión Electrotécnica Internacional |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers | El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos |
| IIASA | International Institute for Applied Systems Analysis | Análisis de Sistemas Aplicados |
| IMCO | - | Instituto Mexicano para la Competitividad |
| INEGI | - | Instituto Nacional de Estadística y Geografía |
| IoT | Internet Of Things | Internet de las cosas |
| ISO | International Organization for Standardization | Organización Internacional de Normalización |
| M2M | Machine to machine | Máquina a máquina |
| MIT | Massachusetts Institute of Technology | Instituto Tecnológico de Massachusetts |
| NFC | Near-field communication | Comunicación de campo cercano |
| RAM | Random Access Memory | Memoria de acceso aleatorio |
| RFID | Radio Frequency Identification | Identificación por Radiofrecuencia |
| SMS | Short Message Service | Servicio de mensajes cortos |
| SPSS | Statistical Package for the Social Sciences | Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales |
| SQuaRE | System and Software Quality Requirements and Evaluation | Evaluación y requisitos de calidad del software y del sistema |
| SSL | Secure Sockets Layer | Capa de Puertos Seguros |
| SSP | Shared Socioeconomic Pathways | Caminos Socioeconómicos Compartidos |

| Acrónimo | Ingles | Español |
|----------|-----------------------|---|
| TICs | - | Tecnologías de información y comunicación |
| UID | Unique Identification | Identificador de usuario |
| UNAM | - | Universidad Nacional Autónoma de México |
| ZFarming | Zero-acreage farming | Agricultura de cero superficies |



Resumen

De acuerdo con los datos proporcionados en los Caminos Socioeconómicos Compartidos (SSP) desarrollados por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA), se prevé que para el año 2050 la población mundial alcance los 9 billones de personas y con ello el consumo de alimentos crezca hasta alcanzar el doble de la demanda que se tenía en el año 2009 mencionan Fukase y Martin (2017), en adición con la desertificación masiva actual a causa de la actividad humana, sobre pastoreo y deforestación, además de las frecuentes cosechas irregulares provocadas por causas externas como las plagas, cambios drásticos de clima o simples características de la región, es evidente que llegara un punto en el cual sean mayor la demanda de alimentos al producido, motivo por el cual es necesario buscar alguna solución.

En este proyecto se desarrolla el objetivo de implementar una aplicación basada en el internet de las cosas (IoT) para administrar un invernadero inteligente, misma que será evaluada para que cumpla con los estándares de calidad del estándar ISO / IEC 25010.

Para la implementación del prototipo se utilizó la metodología de desarrollo evolutivo de prototipos incrementales con la finalidad de que el producto desarrollado sea de una mayor calidad al estar en constante comunicación con el usuario.

En el apartado del prototipo, la aplicación móvil esta desarrollada sobre Android, mientras que la base de datos esta alojada en Firebase Realtime Database y la aplicación de IoT se implementó en java y se ejecuta sobre la tarjeta Pine A64-LTS.

Finalmente, se evaluó la calidad de la aplicación mediante una herramienta desarrollada en base a la normativa ISO / IEC 25000 la cual se aplicó primero en una prueba piloto para su refinamiento y posteriormente al público objetivo conformado por trabajadores del campo principalmente en el área de cultivo de alimentos, estudio sobre el cual se concluyeron posibles causas y soluciones para que el aplicativo lograra alcanzar el óptimo deseado.

Palabras claves: Invernadero inteligente, Internet de las cosas, Android, Java, Firebase Realtime Database, Pine A64-LTS, ISO / IEC 25010.

Abstract

Based on data provided in the Socio-Economic Shared Paths (SSP) developed by the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), by the year 2050, the world population is expected to reach 9 billion and thus food consumption will grow to double the demand in 2009, mention Fukase and Martin (2017), in addition to the current massive desertification due to human activity, overgrazing and deforestation. Besides, the frequent irregular harvests caused by external causes such as pests, drastic changes in climate or simple characteristics of the region. It is evident that at some point, there will be a when the demand for food will be greater than produced, reason why it is necessary to look for some solution.

This project develops the objective of implementing an application based on the Internet of Things (IoT) to manage a smart greenhouse, which will be evaluated to accomplish the quality standards of the ISO / IEC 25010 standard.

For the implementation of the prototype, the methodology of evolutionary development of incremental prototypes was used in order that the product developed is of a higher quality by being in constant communication with the user.

In the prototype section, the mobile application is developed on Android, while the database is hosted in Firebase Realtime Database and the IoT application was implemented in java, which runs on the Pine card A64-LTS.

Finally, the quality of the application was evaluated with a tool based on the ISO / IEC 25000 standard which was applied first in a pilot test for its refinement and then to the target audience made up of field workers mainly in the area of food cultivation, a study on which possible causes and solutions were concluded, so that the application managed to achieve the desired optimum.

Keywords: Smart Greenhouse, Internet of Things, Android, Java, Firebase Realtime Database, Pine A64-LTS, ISO/IEC 25010.

Introducción

Con base en los datos proporcionados en los Caminos Socioeconómicos Compartidos / Shared Socioeconomic Pathways (SSP) desarrollados por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados / International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), y utilizando como punto de referencia el denominado escenario medio SSP2: Middle of the road, el total de la población mundial previsto para el año 2050 es 9,000,000,000,000 es decir 9 billones de personas, en comparación las 7.4 billones estimadas en el 2017, por lo tanto se estima que el consumo mundial de alimentos crezca en promedio de 1.72% durante el período 2009-2050, es decir que se espera el doble de la demanda en los alimentos (hasta un 102%) para el año 2050 mencionan Fukase y Martin (2017), en adición con la desertificación masiva actual a causa de la actividad humana, sobrepastoreo y deforestación, además de las frecuentes cosechas irregulares provocadas por causas externas como las plagas, cambios drásticos de clima o simples características de la región, es evidente que llegará un punto en el cual sea mayor la demanda de alimentos que su producción, motivo por el cual es necesario buscar alguna solución.

Entre las posibles soluciones actuales a casos similares se encuentran la agricultura de precisión, las granjas verticales y la agricultura de cero superficies / *Zero-acreage farming (ZFarming)* cada una contando con sus propias virtudes y desventajas.

En este proyecto se desarrolla el objetivo de implementar una aplicación basada en el internet de las cosas / *Internet Of Things (IoT)* para administrar un invernadero inteligente, misma que será evaluada para que cumpla con los estándares de calidad del estándar del Organización Internacional de Normalización / *International Organization for Standardization (ISO)* y la Comisión Electrotécnica Internacional / *International Electrotechnical Commission (IEC) 25010*.

Para la implementación del prototipo se utilizó la metodología de desarrollo evolutivo de prototipos incrementales con la finalidad de que el producto desarrollado sea de una mayor calidad al estar en constante comunicación con el usuario.

En el apartado del prototipo, la aplicación móvil esta desarrollada sobre Android, de la cual se describe todo el proceso seguido para desarrollar los prototipos y las etapas que los conforman, mientras que la base de datos esta alojada en Firebase Realtime Database la cual debido a sus características se adaptaba de forma idónea al proyecto y la aplicación

de IoT se desarrolló en java y se ejecuta sobre la tarjeta Pine A64-LTS en la cual el aplicativo simula a los sensores para alimentar de esta manera la base de datos.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

1. Planteamiento del Problema

1.1 Problema

Una de las principales tareas del ser humano es la de obtener alimentos. En un principio esta tarea se llevaba a cabo mediante la recolección y caza. Con el paso del tiempo se fue obteniendo experiencia llegando al nivel de poder producir nuestros propios alimentos generando de esta manera la agricultura y la ganadería.

Cultivos básicos como el arroz y el trigo se vieron incrementados y a su vez los precios de estos se han reducido, y con ello la hambruna crónica, todo gracias a los avances científicos e innovaciones tecnológicas (Gliessman, 2002).

Causa como lo son el paso del tiempo, la actividad humana, el exceso uso de los cultivos, el sobrepastoreo y la deforestación son las principales razones de la desertificación y la gran sequía que afecta al planeta (Ruiz y Febles, 2004).

Se ha detectado que los cultivos no siempre producen la misma cantidad de recursos de forma regular, es decir, en ocasiones se genera una menor cantidad de lo esperado. Las posibles causas de este fenómeno son atribuidas a los factores más difíciles de regular como lo son los cambios drásticos de clima, factores característicos de la región como el tipo de suelo y la altitud, las frecuentes plagas y posibles enfermedades en las plantas en adición al desconocimiento humano, como el no realizar la rotación de cultivos (Parra, 2018) conllevan a que no se mantenga una producción estable y eficiente.

Con base en los datos proporcionados en SSP desarrollados por IIASA, y utilizando como punto de referencia el denominado escenario medio *SSP2: Middle of the road*, el total de la población mundial previsto para el año 2050 es 9,000,000,000,000 (nueve billones de personas), en comparación las 7.4 billones estimadas en el 2017, por lo tanto se estima que el consumo mundial de alimentos crezca en promedio de 1.72% durante el período 2009-2050, por lo que se espera el doble de la demanda en los alimentos (hasta un 102%) para el año 2050 mencionan Fukase y Martin (2017) lo cual requiere nuevas medidas para producir más alimentos.

Se puede notar que el ser humano está sobrexplotando los recursos del planeta, en adición al mal trato de las tierras de cultivo y al rápido crecimiento de la población, es evidente que llegara un punto en el cual sean mayor la demanda de alimentos al producido, motivo por el cual ya se han empezado a generar algunas posibles soluciones.

1.2 Posibles Soluciones Actuales

1.2.1 Agricultura de precisión

García y Flego (2001) mencionan que en los cultivos de gran tamaño es cada vez más complicado inspeccionarlos para cerciorarse si se tiene un buen crecimiento, si hay áreas que requieren más agua y nutrientes o de forma opuesta que ya no necesitan, por consiguiente, se están desperdiciando estos recursos.

La agricultura de precisión surge en Estados Unidos en los años 80's como un círculo el cual se retroalimentaba anualmente y al terminar se obtenía la dosis variable de insumos a utilizar en cada área, por lo que la implementación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) fue para que se tuviese un mejor manejo del suelo conociendo las variaciones naturales.

La agricultura de precisión consiste en observar, medir y analizar los cultivos para así aplicar solo la porción necesaria de insumos, en el momento adecuado y en lugar exacto, y de esta manera optimizar el rendimiento de los cultivos. Este tipo de agricultura cuenta con herramientas clave para su desempeño como lo serían el Sistema de Posicionamiento Global / *Global Positioning System (GPS)*, drones y sensores que recopilan información sobre lo que sucede en los cultivos (ver Figura 1).



Figura 1. Agricultura de Precisión

Nota: Agricultura de precisión, la revolución silenciosa en el sector agrícola. Imagen extraída del sitio agroecologíaTORNOS S.L. (<https://www.agroecologiatornos.com/agricultura-precision-revolucion-silenciosa-sector-agricola/>).

Este tipo de agricultura proporciona una mejor administración de lo que se está cosechando, ya que al tener más información del cultivo es posible realizar correcciones en caso de ser necesario y un conocimiento preciso de lo que se está recogiendo.

A pesar de que la agricultura de precisión surgió desde los años 80's, apenas en años recientes se están mostrando sus resultados, esto es debido a que requiere de mucho tiempo para recaudar la información necesaria y cada vez que se inicia en una extensión de tierra nueva es necesario volver a comenzar esta recolección de información debido a que las características de la tierra cambian en todas partes y su comportamiento no es el mismo. También es importante señalar que esta arquitectura solo genera una base de datos, pero depende del conocimiento y experiencia del agrónomo su interpretación y las medidas que se tomaran en base a esta información.

1.2.2 Granjas verticales

Despommier (2011) menciona que debido a la tala desmesurada de árboles para usar su espacio como tierras de cultivo se está desbalanceando el ciclo del carbono, además se espera que en los próximos 50 años los cambios climáticos sean cada vez más drásticos y considerarlos cada vez será más importante para la agricultura, así como también comenta que se estima que por cada grado de temperatura que aumente en la atmósfera, se perderán 10% de las tierras donde crecen los cultivos.

La solución que propone es la de implementar la agricultura ambiental controlada, es decir la utilización de invernaderos ya que estos pueden proveer de alimentos todo el año y se pueden ubicar cercas de las ciudades. De tal suerte se propone colocar estos edificios uno encima de otro de una forma integrada generando de esta manera el concepto de granjas verticales (ver Figura 2).



Figura 2. Granja vertical en un área limitada

Nota: Granja vertical en un área limitada. Imagen extraída del sitio DREFF – El Blog (<https://muestracine.wordpress.com/2014/03/18/explicando-las-granjas-verticales-haciendo-de-las-ciudades-las-productoras-de-alimentos-del-futuro/>).

Las ventajas de las granjas verticales son la producción de alimentos todo el año, reducir la pérdida de cosechas por eventos climáticos, disminuir los costos del transporte y de esta manera reducir la huella agrícola generada.

Se ha visto que el concepto de agricultura vertical urbana está tomando fuerza y aunque aún no está presente en la mayoría de los centros urbanos, los habitantes de las ciudades están tomando conciencia y buscan que su comida no venga de sitios tan alejados de su lugar de residencia.

El concepto de la agricultura es en suma interesante ya que propone todas las ventajas de un invernadero tradicional, pero agrupado en torres de varios pisos y preferentemente situados en lugares céntricos de las ciudades.

1.2.3 Arquitectura urbana verde de alimentos y el ZFarming

Specht et al. (2014) mencionan que la mayor concentración de personas se encuentra dentro de las ciudades y el crecimiento urbano, lo cual está causando problemas en la producción y procesamiento de alimentos, transporte y consumo, debido a esto proponen cultivar los alimentos dentro de las ciudades en lugar de sitios remotos fuera de estas y ahorrar recursos en su transporte, refrigeración y envasado.

La arquitectura urbana verde tiene como objetivo combinar la producción de alimentos, arquitectura y diseño con la finalidad de generar alimentos a gran escala dentro y sobre edificios en las zonas urbanas. Con el paso del tiempo a este tipo de producción de alimentos se le conoció como ZFarming (ver Figura 3).



*Figura 3. Agricultura de cero superficies (ZFarming)
 Nota: Agricultura de cero superficies (ZFarming) qué es y cómo puede cambiar el futuro de la agricultura (urbana). Imagen extraída del sitio Ecosystems United (<https://ecosystemsunitied.com/2017/01/13/zero-acreage-farming-zfarming-what-it-is-and-how-it-can-change-th>).*

Una de las principales ventajas del ZFarming es su concepto de vincular los residuos de los edificios con la producción de alimentos y darles un segundo uso como lo serían las aguas residuales, el calor generado y los desechos orgánicos para con esto establecer un sistema de ahorro de recursos en pequeña escala.

En cuanto a que tan sustentable son la ZFarming es impórtate mencionar que esta propuesta no ha pasado de los prototipos, pero se estima si es sostenible.

El concepto de ZFarming es bastante interesante debido a su propuesta de reutilizar los residuos generados por los edificios y así generar un ahorro de recursos, a pesar de sonar sorprendente en primera instancia, es una realidad que para su implementación se requieren altos estándares de tecnología, mantenimiento, operación y de inversión, todo esto solo para las primeras etapas del desarrollo, sin mencionar que el espacio para montar estas granjas siempre será un problema.

Es apreciable que actualmente existen tecnologías bastante interesantes, las cuales podrían ayudar a resolver la problemática planteada, contando cada una con sus virtudes y desventajas. Referente a la agricultura de precisión, esta destaca por su gran capacidad para administrar los recursos suministrados a los cultivos, pero con coste de requerir una gran cantidad de tiempo para que sea efectiva su implementación, para las granjas verticales, estas solo consisten en colocar invernaderos, uno encima de otro, con la desventaja que no proponer algún sistema para tratar de mejorar la producción de alimentos más que solo la agrupación de cultivos, y finalmente, el ZFarming es posiblemente una de las que mejor trata el tema de la reutilización de los recursos desechados de los edificios, pero siendo esto también su más grande limitante al requerir una gran cantidad de tecnología para su funcionamiento y que la infraestructura del edificio se adecue a esta idea, debido a esto se decidió buscar otra alternativa empleado el IoT aplicado en la agricultura.

2. Objetivos de la Intervención

2.1 Objetivo General

Se implementará una aplicación basada en el IoT para administrar un invernadero inteligente, la cual será evaluada para que cumpla con el estándar de calidad ISO/IEC 25010.

2.2 Objetivos Especifico

- Se desarrollará una aplicación móvil la cual ayude al usuario a administrar un invernadero inteligente.
- Se evaluará que la aplicación desarrollada cumpla con el estándar de calidad ISO/IEC 25010.

2.3 Preguntas de la Investigación

¿La implementación de la aplicación evaluada con el estándar de calidad ISO/IEC 25010, basada en IoT permite la administración de un invernadero inteligente?

2.4 Propuesta

La agricultura siempre ha sido una actividad de gran importancia al momento de buscar un desarrollo autosuficiente y con la invención de los invernaderos esta actividad se ha visto mejorada, ya que, al tener la posibilidad de aislar los cultivos de las plagas, mantener controladas las variables en su interior como lo son la temperatura, humedad o iluminación y al tener la posibilidad de producir alimentos en regiones donde anteriormente no se podía aumento en gran medida esta actividad (Gliessman, 2002).

En la actualidad y con las nuevas tecnologías, el tratar de optimizar y automatizar los procesos es cada vez más frecuente, una alternativa es utilizar el internet de las cosas aplicado a la agricultura (Soto et al., 2019), de esta manera el invernadero sería capaz de dar respuesta a ciertas situaciones que se le presenten y mantener siempre las mejores condiciones para el crecimiento de la planta, por ende podremos llegar a reducir tiempos, costos y personal en las cosechas y a su vez optimizando la obtención de recursos alimenticios.

3. Fundamentación Teórica / Marco Teórico

Cada vez es más frecuente el pensar en el internet de las cosas como una solución clara para aquellos procesos se desean automatizar, entre ellos está la implementación de un invernadero inteligente el cual sea capaz de autorregularse el mismo y así conservar siempre los mejores valores en los cultivos de su interior. Para comprender como se lleva a cabo esta implementación es necesario que se definan algunos conceptos claves sobre el tema de estudio.

3.1 TICs

En los más recientes años la cantidad de avances tecnológicos se ha visto aumentada llegando a repercutir de tal manera en nuestra vida diaria, llegando al punto de influir en áreas como la ecónoma, política e incluso la educación, campos en los cual se ha notado que su utilización puede llegar a tener un impacto positivo en el estudiante mejorando así el aprendizaje (Aypay, 2010).

Las generaciones más recientes cada vez están más acostumbradas a las nuevas formas de esparcimiento, recreación y de interacción casi inmediata con personas de todo el mundo, todas gracias el crecimiento de las TICs (Jiménez et al., 2010).

Pero ¿qué son las TICs? Según la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), las TICs son el conjunto de herramientas de transmisión, procesamiento y almacenamiento digitalizado de la información, así como el conjunto de procesos y productos derivados del uso de hardware y software (Chávez, 2013).

De acuerdo con Pardo et al. (2004) las TICs son un conjunto de recursos que al trabajar a la par permiten el almacenamiento, transformación y utilización de la información cuyo modelo son las redes informáticas, haciendo de esta manera que aplicaciones como el correo electrónico, teleconferencias, bibliotecas virtuales, entre otras puedan funcionar.

Por lo que se podría decir que las TICs son las herramientas informáticas que se utilizan para almacenar, recuperar, sintetizar y presentar información. Algunos ejemplos de las TICs serían los video juegos, servicios de mensajería instantánea, el correo electrónico, el comercio electrónico, entre otros.

Se puede notar la importancia de las TICs en el mundo actual analizando cómo se ha movido el mercado de compraventa e inversiones, por ejemplo, un caso reciente es el de

la empresa WhatsApp, que, durante la primavera del 2014, fue comprada por Facebook en la cantidad de 19 mil millones de dólares. Cabe señalar que la empresa de mensajería en aquel año apenas contaba con 52 trabajadores y 5 años de antigüedad (Kelly, 2014), compra que hoy se puede decir que fue una decisión acertada ya que WhatsApp se ha convertido en una de las aplicaciones indispensables en una gran cantidad de dispositivos.

Otro ejemplo que señala la importancia de la TICs se encuentra en el área de la educación, la cual se ha beneficiado en gran medida de estas tecnologías ya que brindan la oportunidad al docente de transmitir una mayor cantidad de información en un lapso de tiempo más corto además de que puede disponer de más herramientas de trabajo lo que se transforma directamente en una mayor atención del alumno hacia la clase debido a lo dinámica e interactiva que se vuelve la misma (Zambrano y Zambrano, 2019).

Considerando los puntos anteriores, es fácil pensar que la interacción con las TICs genera únicamente beneficios, pero no siempre es así, un ejemplo de esto se puede ver reflejado en el estudio realizado en años 2019 a la Escuela Superior del Estado de México donde se investigó el nivel de adicción de los alumnos a las redes sociales señalando que la mayoría de estos están practicante conectados todo el tiempo a estas o ingresan alrededor de 7 a 12 veces al día, tendencia que es mayor en los estudiantes más jóvenes en contra de los de mayor edad, indistintamente de su promedio o género (Chávez et al., 2019), por lo que se puede notar una evidente dependencia a las redes sociales.

Otra investigación realizada en México a estudiantes de nivel superior señala que el internet a causado cambios drásticos en la forma en que se relacionan una persona con otra, puesto que ha disminuido la interacción verbal entre las personas, en adición a la privación del sueño y fatiga, consecuencias de una posible adicción al internet y la procrastinación académica (Chávez et al., 2019), a pesar de que en esta ocasión el estudio arrojo que los estudiantes evaluados no presentan signos de adicción, solo un consumo promedio de internet, no conlleva que estos no sean un grupo de riesgo potencial a futuro.

Por lo que se puede decir que las TICs brindan una gran cantidad de ventaja a sus usuarios como la facilidad de acceso a muchos tipos de información, interacción con tecnología, desarrollo de su creatividad, flexibilidad en los estudios y fomentar la autonomía en estudiantes, sin dejar de lado las desventajas como el aumento en las distracciones, información no fiable, aislamiento entre otras.

De acuerdo con el análisis realizado por el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) en el año 2012 mencionan que, a pesar de la cercanía geográfica con estados Unidos, México se ha quedado rezagado en el ámbito de la creación de nuevas empresas basadas en las TICs, señalando que las principales barreras que presenta el país son la innovación, la falta de entornos para realizar negocios, la poca infraestructura de apoyo, el capital humano, los financiamientos, la nula cultura emprendedora, entre otros (Gallegos et al., 2014), reflejando una mala situación para el país.

Sin embargo, parece ser que este panorama nacional puede ir mejorando, de acuerdo con la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2019 elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI (2019) que tiene como objetivo el recolectar la información del uso de las TICs en México por personas mayores de 6 años de edad, es apreciable que la cantidad de personas con acceso a internet a aumentado de manera gradual del 6.2% en el año 2001, al 29.8% de las personas en el año 2010 y en el 2019 un 56.4% (ver Tabla 1).

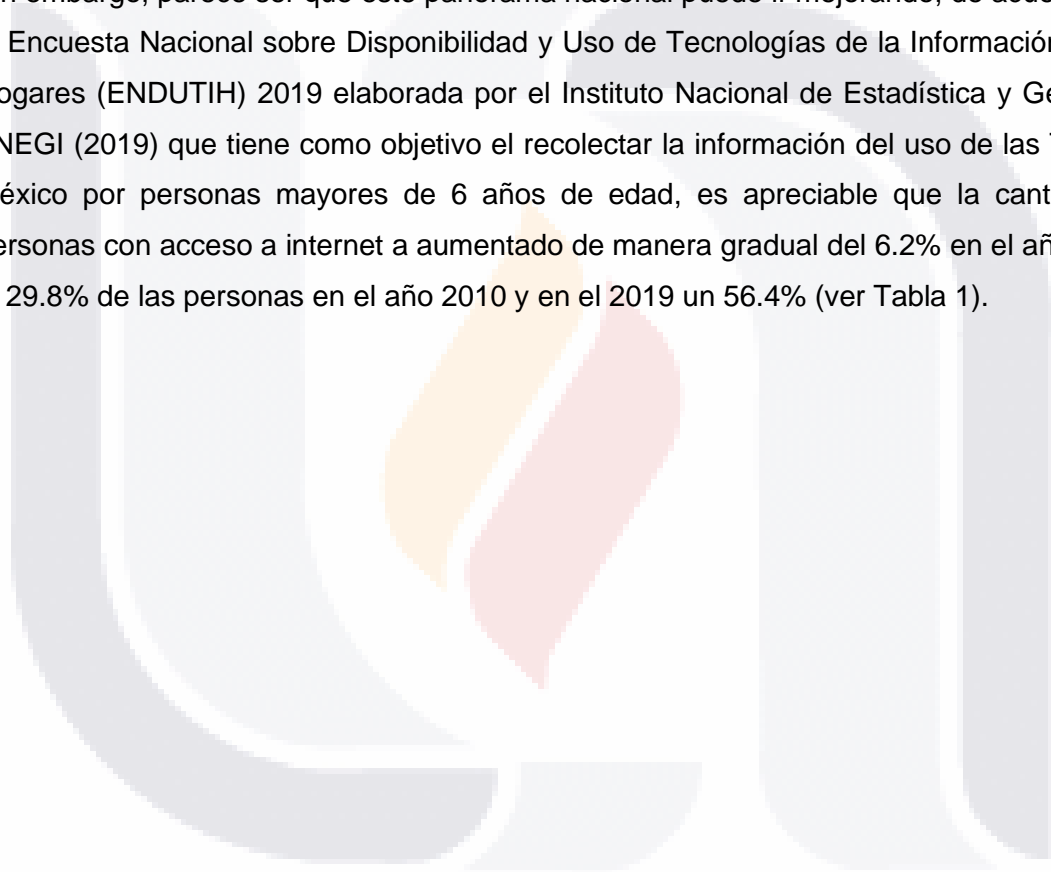


Tabla 1. Hogares con Equipamiento de Tecnología de Información y Comunicaciones

| Año | Computadora | | Conexión a Internet | | Telefonía (Alámbrica y/o celular) | |
|------|-------------|------|---------------------|------|-----------------------------------|------|
| | Absolutos | % | Absolutos | % | Absolutos | % |
| 2001 | 2 757 980 | 11.8 | 1 454 744 | 6.2 | 9 444 818 | 40.3 |
| 2002 | 3 727 071 | 15.2 | 1 827 095 | 7.5 | 11 116 339 | 45.4 |
| 2004 | 4 689 043 | 18.0 | 2 264 178 | 8.7 | 15 628 958 | 59.9 |
| 2005 | 4 729 762 | 18.6 | 2 294 221 | 9.0 | 16 451 779 | 64.1 |
| 2006 | 5 491 495 | 20.6 | 2 698 062 | 10.1 | 17 734 962 | 66.6 |
| 2007 | 5 937 125 | 22.1 | 3 221 631 | 12.0 | 19 783 939 | 73.7 |
| 2008 | 7 127 054 | 25.7 | 3 751 870 | 13.5 | 20 967 438 | 75.5 |
| 2009 | 7 460 463 | 26.8 | 5 119 437 | 18.4 | 22 101 364 | 79.3 |
| 2010 | 8 444 621 | 29.8 | 6 289 743 | 22.2 | 22 838 360 | 80.6 |
| 2011 | 9 030 198 | 30.0 | 6 994 654 | 23.3 | 24 702 793 | 82.2 |
| 2012 | 9 835 865 | 32.2 | 7 933 788 | 26.0 | 25 555 685 | 83.6 |
| 2013 | 11 146 494 | 35.8 | 9 574 027 | 30.7 | 26 633 946 | 85.5 |
| 2014 | 12 022 743 | 38.3 | 10 798 467 | 34.4 | 19 906 923 | 63.4 |
| 2015 | 14 685 210 | 44.9 | 12 810 487 | 39.2 | 29 188 249 | 89.3 |
| 2016 | 15 184 257 | 45.6 | 15 658 535 | 47.0 | 30 001 506 | 90.1 |
| 2017 | 15 517 436 | 45.4 | 17 397 850 | 50.9 | 31 390 775 | 91.9 |
| 2018 | 15 574 182 | 44.9 | 18 343 824 | 52.9 | 31 983 732 | 92.2 |
| 2019 | 15 840 809 | 44.3 | 20 131 852 | 56.4 | 33 050 284 | 92.5 |

Nota: Hogares con Equipamiento de Tecnología de Información y Comunicaciones, según el tipo de equipo. Tabla replicada del ENDUTIH por el INEGI 2019.

Así mismo el documento también revela que en el 2019 hay un mayor número de personas que acceden a la red a través de dispositivos móviles, en lugar de usando equipos de cómputo de escritorio, siendo el mayor contenido consumido en entretenimiento con un 91.5%, seguido de comunicación 90.6%, redes sociales con un 87.8% y siendo solo el 83.8% en temas de educación y capacitación (ver Figura 4).

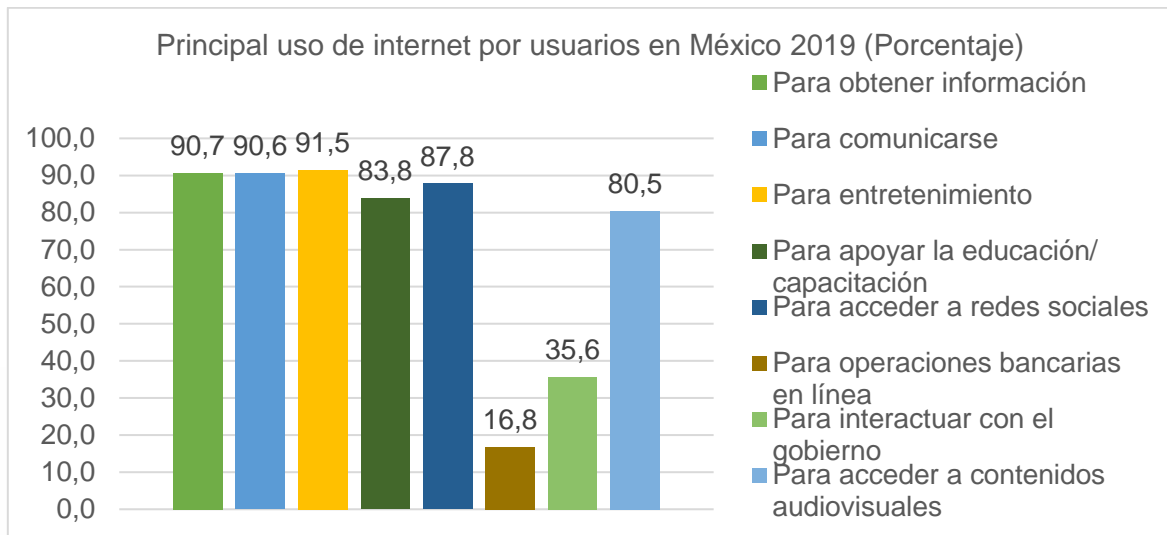


Figura 4. Principal uso de internet por usuario en México en el año 2019

Estos datos demuestran que cada vez más personas en México se están relacionando activamente con las TICs y eventualmente podrá ir generando más avances en esta área.

3.1.1 La agricultura en las TICs

Uno de los hechos más importantes y que no se le está brindando la atención necesaria es el crecimiento de la población mundial, esto gracias en parte al incremento de la producción de alimentos que se ha tenido, pero se prevé que el crecimiento de la población llegue a duplicarse en las siguientes décadas, en el caso de que esto suceda, ¿el ser humano está preparado para mantener este crecimiento? hablando estrictamente de la cantidad de alimentos que produce (Villalobos et al., 2009).

El reto más grande que presenta el ser humano es la innovación, en este caso se centra en la creación de la tecnología que sea capaz de volver a la agricultura una actividad competitiva, sostenible y con la capacidad de aumentar la productividad de esta para llegar al punto de que sea capaz de sostener el crecimiento de la población (IICA, 2014).

Unas opciones que se ha planteado son la Agricultura de precisión, las Granjas Verticales y la Arquitectura Urbana Verde ZFarming las cuales se mencionaron y explicaron mejor en el punto 1.2. Posibles Soluciones Actuales.

La realidad es que estas tecnologías son realmente interesantes y podrían llegar a garantizar un suministro de alimentos seguro y sustentable.

Otra alternativa es la implementación del IoT en la agricultura, ya que de esta manera el IoT se podría beneficiar de obtener una gran cantidad de información de los cultivos, clima, humedad, suelo, entre otras variables para con ellos realizar análisis automatizados y llegar a tomar decisiones en base a estos, por lo que lo convierte en una de las mejores tecnologías a considerar para implementar en la agricultura.

3.2 IoT

Cada vez más personas tienen la posibilidad de acceder a la red de internet aumentando considerablemente el impacto en los individuos, llegado a repercutir tanto en su vida diaria, así como en el trabajo, estudio o incluso el ocio, debido a esto se ha generado un incremento en la demanda de los dispositivos inteligentes y el IoT.

La primera vez que se mencionó el término IoT fue a principios de la década de 1990 en el Instituto Tecnológico de Massachusetts / *Massachusetts Institute of Technology (MIT) Auto-ID Labs* por el inglés Kevin Ashton, el visualizo el concepto como una red global de objetos conectados específicamente por un sistema de Identificación por Radiofrecuencia del inglés *Radio Frequency Identification (RFID)* (Ashton, 2010).

RFID es un tipo de comunicación inalámbrica que se genera entre un lector y un emisor, su funcionamiento es muy similar al de los códigos de barras, pero en lugar de utilizar tinta se emplean ondas de radio. Un ejemplo de usos que se puede dar a esta tecnología es para localizar objetos y asegurarse que se encuentren dentro de un perímetro establecido (Universidad Internacional de Valencia, 2018).

A pesar de su temprana definición, tuvieron que pasar varios años hasta ver la implementación de este concepto en un dispositivo real, la cafetera Trojan Room, dentro de la Universidad de Cambridge en Inglaterra durante el año 1999, el dispositivo no era nada más que una cámara montada sobre la cafetera y conectada a una red, primero intranet y posteriormente internet, el objetivo de esta era monitorear si la cafetera contaba con café o no antes de ir a servirse una tasa de esta manera evitar llevarse la sorpresa de encontrarla vacía (Jia et al., 2012).

Weber (2010) menciona que el IoT es una arquitectura basada la internet global, la cual se encarga de realizar el intercambio de datos entre las redes de la cadena de suministros y que por lo cual llega a tener un efecto en la seguridad y privacidad de los medios involucrados.

El IoT principalmente se compone del objeto (thing), el controlador (cerebro), sensores, actuadores y las redes (internet), elementos que, si bien por si solos pueden llegar a ser comunes, en conjunto pueden convertirse en un dispositivo de IoT.

Mediante la implementación del IoT los objetos tienen la posibilidad de conectarse entre sí usando las redes, sensores, bluetooth, chip de Comunicación de campo cercano / *Near-field communication (NFC)* así como otras tecnologías, por lo que se puede definir al IoT como una tecnología la cual utiliza el internet para transferir la información capturada por los objetos conectados a esta red para su posterior análisis (Khanna y Kaur, 2019).

Se puede definir un ecosistema base para el IoT, en el cual el dispositivo de IoT perciba la información del ambiente mediante sus sensores y la envíe a una base de datos a través de la red de internet, para que posteriormente una aplicación pueda acceder a estos datos para poder tomar una decisión y enviarla de regreso al dispositivo de IoT (ver Figura 5).

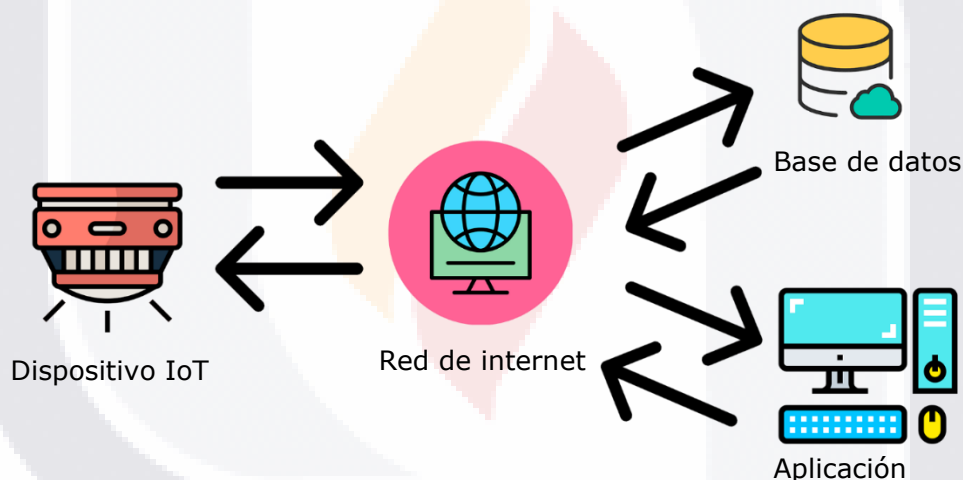


Figura 5. Ecosistema base para el internet de las cosas
 Nota: Imagen adaptada del Ecosistema base para el internet de las cosas, por el maestro Juan Raúl Esparza Martínez, 2020, en la conferencia IoT: el internet de las cosas.

Cabe señalar que, aunque el IoT funciona interconectado los dispositivos a través de internet, sigue siendo la intervención humana una parte esencial en el proceso, volviéndose el eslabón que le da sentido a toda la implementación del IoT.

En la actualidad existen una gran cantidad de dispositivos y sistemas que están asociados con el IoT entre los cuales destacan el RFID, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos / *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.15.4*, el NFC, Máquina a máquina / *Machine to machine (M2M)*, entre otros.

El termino de IoT cada vez despierta un mayor interés en las personas, impulsándolas a querer saber más de esta tecnología siendo uno de sus principales medios de búsqueda el internet y por consiguiente Google. Gracias a las estadísticas generas por Google Trends (ver Figura 6) se puede apreciar que el tema IoT empezó no teniendo una gran repercusión en las búsquedas de las personas en los primeros años de su definición, pero alrededor del año 2014 el interés de las personas empezó a aumentar alcanzando su mayor auge a mediados del 2018 y teniendo gran cantidad de búsquedas aun hoy en día.



Figura 6. Interés a lo largo del tiempo en el tema IoT (año 2004 – 2020)
 Nota: Imagen extraída del sitio Google Trends, 2020.

3.2.1 Aplicaciones del IoT

En la actualidad el IoT se ha diversificado en relación con las áreas en las que se puede llegar a aplicar, siendo prácticamente ilimitadas, siempre tratando de contribuir, ayudar y facilitar la vida de las personas en varios aspectos.

Un ejemplo de las aplicaciones de IoT serían los edificios inteligentes conectados, los cual cuentan con sensores y activadores que controlan los electrodomésticos y el clima artificial elementos y así apagados cuando no están siendo usados para con ellos ahorrar energía a la par que dinero. Además, cuentan con aplicaciones de control de acceso y cerradura inteligentes para proporcionar una mayor seguridad en la vivienda. Entre los sensores que se pueden incluir se encuentran unos capases de proporcionar auxilio y asistencia en caso

de requerir primeros auxilios con el fin de mantener siempre seguros a los miembros de la familia (Salazar y Silvestre, 2016).

Otro ejemplo que es bastante sonado hoy en día y también es una meta que alcanzar son las ciudades y transportes inteligentes. El contar con vehículo inteligente brindaría la posibilidad de contar con una gestión inteligente de los estacionamientos, saber el tiempo de espera del tráfico en tiempo real y sobre todo la cantidad de accidentes que se presentan debido a la interacción y errores humanos se verían reducidos. Por otro lado, las ciudades inteligentes contarían con la administración del riego de parques y jardines para que siempre se encuentren verdes, mayor seguridad en las calles gracias a las cámaras y sensores inteligentes que brinden información de los ciudadanos y por si fuera necesario un inspeccionar la ciudad en busca de accidentes y poder administrar mejor las acciones de emergencia (Salazar y Silvestre, 2016).

También contamos con la intervención del IoT en la agricultura y medios ambientales, ya que se puede utilizar esta tecnología para tomar mediciones y llevar un mejor control de las condiciones que se presentan, calcular nutrientes o pronosticar cambios climáticos en base al monitoreo de los sensores, incluso se podría elaborar un invernadero inteligente capaz de controlar los valores de su interior y así generar las mejores condiciones para el crecimiento de las plantas.

La inclusión de los dispositivos con IoT en la vida diaria de las personas antes era visto como una idea futurista, pero hoy en día, estos elementos son cada vez más indispensables, ya que facilitan y vuelven más cómoda de realizar algunas actividades.

3.2.2 IoT en el área de la agricultura

La implementación del IoT nos brindó la posibilidad de generar, procesar e interpretar grandes cantidades de datos en tiempo real, por lo que la agricultura es el candidato perfecto para su implementación, debido a que los cultivos pueden ser extensas áreas que necesiten ser monitoreadas y controladas. Además, al generar y almacenar esa gran cantidad de información, además es posible pensar que en un futuro se pueda llegar a alimentar modelos predictivos con esta información (Saville et al., 2016).

Se puede notar que la relación del IoT y la agricultura cada vez se encuentra más relacionadas, es posible realizar esta afirmación revisando el contador de búsquedas de Google Trends en el cual agrupa todas las búsquedas realizadas del término agricultura

inteligente y *Smart agriculture* (ver Figura 7) se puede apreciar que ambos temas aumentaron su relevancia en los años recientes.

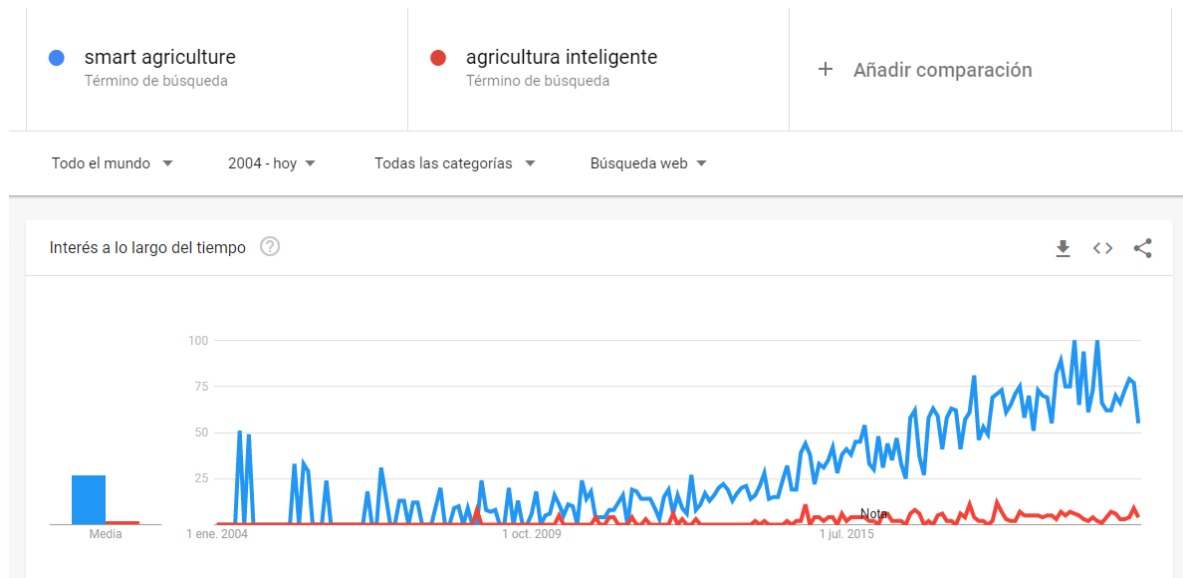


Figura 7. Interés a lo largo del tiempo del tema *Smart agriculture* y *agricultura inteligente* (año 2004 – 2020)
 Nota: Imagen extraída del sitio Google Trends, 2020.

En los últimos años se han presentado varios casos en los que se ha incorporado el IoT en el área la agricultura, se pueden destacar algunos de ellos como lo sería el mencionado por Medela et al. (2013), en el cual propone una arquitectura innovadora sustentada en el IoT donde a base de montar una red de sensores especializados e inalámbricos podían obtener una gran cantidad de datos del medio ambiente, suelo y crecimiento del viñedo, además de realizando simulaciones en las condiciones climáticas buscaban los mejores valores para las uvas. También es sobresaliente el estudio presentado por Ruan y Shi (2016), donde mostraron un marco basado en IoT el cual consistía en monitorear las entregas de las frutas y con ello evaluar la frescura con la cual llegaban las frutas, estas eran enviadas por un local minoritas que tenía servicio tradicional y en línea el cual tenía que lidiar con los inconvenientes del transporte de las frutas tomando en cuenta las condiciones del viaje.

3.2.3 IoT implementado en Invernaderos

Los invernaderos inteligentes son el resultado de la implementación del IoT en la agricultura tradicional generando un espacio controlado y automatizado el cual será capaz de regular las variables de su interior para mantenerlas siempre óptimas para el cultivo.

Según Hernández et al. (2013) un invernadero inteligente es aquel sistema de control que se implementa a un invernadero tradicional para mantener los valores de su interior como lo son la temperatura y la humedad del suelo dentro de los parámetros establecidos para los cultivos y poder ajustar estos valores si es que es necesario.

Se puede mencionar el estudio realizado por Li et al. (2012) y sus compañeros en la Universidad de Beijing en China durante el año 2012, en el cual describen la forma en la que se colocaron sensores para monitorear de forma remota desde internet en tiempo real la información ambiental como la temperatura y la humedad dentro del invernadero.

No siempre es necesario buscar en otros países innovaciones tecnológicas, en el año 2010 en Cuernavaca Morelos, México se celebró el VIII Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico donde Rode et al. (2010) propusieron un invernadero inteligente hidropónico el cual usaría lógica difusa para regular las variables y así controlar el microclima generado, también proponía utilizar una energía renovable para su alimentación.

Incluso recientemente en el estado de Morelos, México en el año 2020 se desarrolló una versión económica y a escala de un invernadero inteligente el cual utilizaba la placa Arduino para capturar la temperatura, humedad, intensidad de luz, presión atmosférica y la altitud. Además, incluía la propuesta de alimentarse con energía solar (Aguilar, 2020).

3.3 Tecnología utilizada

La principal forma de implementar el IoT en los cultivos es mediante la adecuación de sensores, ya que con la implementación de estos dispositivos se puede llegar a capturar información del ambiente creando a la sensación de que las cosas pueden sentir su entorno.

Los sensores son dispositivos eléctricos los cuales nos permiten medir y capturar información del entorno que nos rodea, para después poder procesarlas, analizarlas y finalmente interpretarlas. Los datos recabados varían en base al sensor utilizado ya que pueden ser de temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, humedad, presión, etc. (Serna Ruiz et al., 2010).

4. Diseño de la intervención

En esta sección se encuentra el desarrollo seguido para tratar de cumplir con el objetivo planteado, abarcando todas las etapas desde la recolección y refinamiento de los requisitos del sistema, tanto funcionales como no funcionales, la definición de la metodología seleccionada en base a los requerimientos, el proceso de desarrollo del prototipo, así como la implementación de los recursos utilizados que es la base de datos y el aplicativo de IoT. Además, también se encuentra la definición de la métrica que se utilizó para evaluar la calidad basada en el estándar del ISO / IEC 25010.

4.1 Recolección y refinamiento de requisitos

Es este apartado se encuentra la definición y recopilación de los requisitos con los que debería cumplir el aplicativo, los cuales se encuentran separados en los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.

4.1.1 *Requerimientos funcionales*

- La aplicación contará con una pantalla de acceso en la cual deberá autenticar al usuario que desea acceder.
- Los datos solicitados para el acceso serán el correo electrónico y la contraseña.
- En caso de no llenar algún campo o hacerlo de forma incorrecta se negará el acceso y lanzará un mensaje explicando la causa.
- Si el usuario aún no está registrado la aplicación debe dar la posibilidad de generar un nuevo registro.
- La aplicación contará con una pantalla principal en la cual se mostrará todos los cultivos que están implementados en el invernadero.
- En la pantalla principal debe existir la opción de agregar cultivos nuevos.
- Para agregar un cultivo nuevo al invernadero se podrá escoger alguno de la lista de vegetales precargada en la aplicación, los cuales ya cuentan con los valores óptimos para el crecimiento de dicho cultivo.
- Además, es necesario darle la posibilidad al usuario de agregar algún cultivo nuevo si este no se encuentra cargado previamente en la aplicación.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- Para agregar un cultivo previamente no existente se deberán solicitar al usuario el nombre del vegetal, así como sus características óptimas de crecimiento (temperatura, humedad e iluminación).
 - En caso de no llenar algún campo o hacerlo de forma incorrecta se negará el proceso y lanzará un mensaje explicando la causa.
 - También se debe contar con una pantalla donde se muestren los valores actuales de un cultivo en específico que se allí seleccionado.
 - En la pantalla del cultivo específico también deberá tener un acceso para visualizar más información con ayuda de gráficas para facilitar su comprensión.
 - La aplicación proporcionará información al usuario para que con ayuda de esta pueda seleccionar de mejor manera la fecha en la cual recoger los cultivos.
 - La aplicación brindará información relacionada al cultivo seleccionado para de esta manera conocer en todo momento las condiciones de la planta en términos de temperatura, humedad e iluminación.

4.1.2 Requerimientos no funcionales:

- Todas las modificaciones realizadas a la base de datos deben reflejarse una vez que se actualice la página.
- La aplicación debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
- La aplicación debe proporcionar mensajes de error que sean informáticos y orientativos para el usuario.
- La aplicación debe contar con un diseño responsivo que permita su visualización en cualquier dispositivo.
- La aplicación debe poseer una interfaz gráfica bien formada.
- El sistema debe tener una disponibilidad del 90% de las veces que el usuario intente acceder.
- La aplicación será desarrollada para la plataforma Android.

- La aplicación debe ser compatible con todas las versiones de Android desde Android 4.0 Ice Cream Sandwich en adelante.

4.2 Metodología seleccionada

La metodología que se implementó en este caso práctico se basa en desarrollo evolutivo, también conocido como desarrollo de prototipación o modelo de prototipos, la cual de acuerdo con Sommerville (2005) consiste en desarrollar una implementación inicial la cual es expuesta a los comentarios de los usuarios y con esto poder recibir una retroalimentación llegando a así poder refinar la propuesta a través de diferentes iteraciones hasta conseguir el sistema adecuado.

El concepto de la metodología de prototipos se puede representar de forma gráfica como se aprecia en la Figura 8.

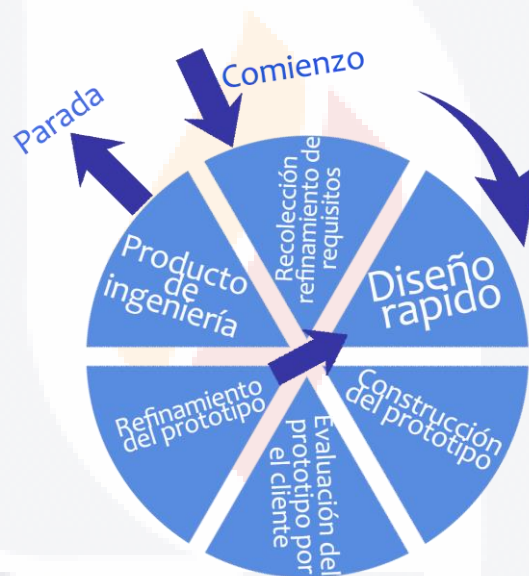


Figura 8. Metodología de modelo de prototipos

Nota: Metodología Evolutiva. Imagen adaptada de Sommerville, I. (2005). Ingeniería de Software, Séptima edición. In Pearson Educación, S.A.

Existen dos tipos de desarrollo evolutivo, el primero siendo de prototipos desechables, el cual es útil en los casos donde se desea eliminar dudas sobre qué es lo que realmente quiere el cliente, validando así los requerimientos, contando con la característica de que los prototipos se van descartando tras su evaluación, en cambio, el segundo tipo es conocido como de prototipos incrementales, este se centra en comprender los requerimientos del cliente y en base a estos desarrollar los prototipos realizando mejoras y adecuación al

sistema utilizando como base prototipos pasados, siendo este último tipo de metodología el seleccionado para la elaboración del proyecto.

La ventaja de la metodología de prototipos incrementales es que nos aseguramos de que el producto desarrollado sea de mejor calidad, además de que se cuente con una interfaz que sea completamente del agrado del usuario con un menor tiempo de desarrollo.

4.3 Desarrollo de la Aplicación Móvil

Debido a las características de tamaño y grado de complejidad de desarrollo que presenta el proyecto, se consideró idóneo el uso de la metodología de prototipos la cual se caracteriza por realizar modelos que son expuestos al usuario, debido a esto a continuación se presentan listadas las diferentes versiones y etapas que se realizaron para el desarrollo de este proyecto.

4.3.1 Versión 1 Etapa 1 – Modelado rápido

Para la primera etapa se decidió trabajar un prototipo de las pantallas, sin implementar nada de programación, con el objetivo de revisar el apartado visual.



Figura 9. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de acceso

Pantalla de acceso (Ver Figura 9):

- Esta es la primera pantalla que se muestra al ingresar a la aplicación.
- En esta pantalla el usuario procederá a colocar sus datos de acceso y si no se encuentra ya registrado debe tener la posibilidad de hacerlo.



Figura 10. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de nuevo registro

Pantalla de nuevo registro (ver Figura 10):

- La única forma de acceder a esta pantalla es desde la Pantalla de acceso.
- Para crear un nuevo usuario se tendrá que proporcionar la información básica para su registro la cual sería su nombre, correo electrónico, contraseña y de manera opcional podrá cargar una imagen para su perfil.



Figura 11. Ver. 1 E. 1 – Pantalla del control del invernadero vacía

Pantalla del control del invernadero vacía (ver Figura 11):

- Esta es la pantalla principal de la aplicación y desde la cual se va a poder acceder a la mayoría de las pantallas.
- Si es el primer acceso a la aplicación y no contar aun con ningún cultivo activo la pantalla se muestra vacía.



Figura 12. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de cultivo nuevo

Pantalla de cultivo nuevo (ver Figura 12):

- Esta pantalla será accesible solo al seleccionar el botón flotante que se encuentra en la parte inferior de la pantalla de control del invernadero.
- En esta pantalla se podrá seleccionar que cultivo se desea plantar en base a una lista de cultivos previamente cargados

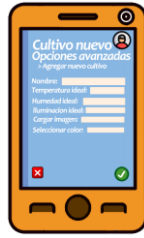


Figura 13. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de cultivo nuevo – Opciones avanzadas

Pantalla de cultivo nuevo – Opciones avanzadas (ver Figura 13):

- Para acceder a esta pestaña se requiere estar en la pantalla de cultivo nuevo o de control del invernadero.
- Esta es una de las ventanas de opciones avanzadas con las cuales se podrá realizar altas, bajas y cambios en los cultivos precargados al sistema.
- Los cambios realizados a los cultivos solo serán visibles para el usuario que los realizo.



Figura 14. Ver. 1 E. 1 – Pantalla del control del invernadero con cultivos

Pantalla del control del invernadero con cultivos (ver Figura 14):

- Una vez que se carguen los cultivos la pantalla de control del invernadero aparecerá el nombre del vegetal, una imagen y unas barras las cuales representaran el valor que tienen en ese momento las variables medidas.

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

En la pantalla de control del invernadero de la figura 14, en las tarjetas de los cultivos se muestran los valores actuales del invernadero sobre las variables medidas (temperatura, humedad e iluminación) pero estos valores normalmente estarán en un 100% por lo que no se notara alguna diferencia y solo se estaría proporcionado información inútil al usuario, por lo que se recomendó retirarlos y colocar un indicador del tiempo aproximado para la cosecha del cultivo.



Figura 15. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de un cultivo en específico

Pantalla de un cultivo en específico (ver Figura 15):

- Esta pantalla será visible al momento en que se selecciona algún cultivo en específico en la pantalla de control del invernadero.
- En esta pantalla se vera la información detalla del cultivo seleccionado y la posibilidad de controlar de forma manual los elementos del invernadero.

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

En la pantalla de un cultivo en específico de la figura 15, se muestran los controladores de los elementos que regulan las variables medidas y se pueden activar de forma manual, se recomendó retirar esta función con la finalidad de evitar que el mal uso de estos elementos por el usuario.



Figura 16. Ver. 1 E. 1 – Pantalla de registro

Pantalla de registro (ver Figura 16):

- Esta pantalla se mostrará cuando en la pantalla de algún cultivo en específico se seleccione el apartado del registro.
- Aquí se podrá visualizar información detallada del cultivo.

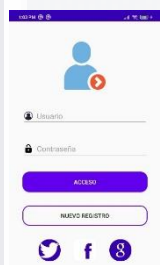
Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

En la pantalla del registro representada en la figura 15, en lugar de mostrar la información en forma de tablas, se recomendó la implementación de gráficas.

4.3.2 Versión 1 Etapa 2 – Flujo de pantallas

Una vez que se aprobó el modelado de las pantallas, se procedió a empezar a programar el primer prototipo para el cual se utilizó el lenguaje Android con Java. El principal objetivo de esta fase fue revisar el flujo de las pantallas.

Una variación que ocurrió a nivel general fue el de cambiar la paleta de colores que era en tonos azules con blanco, por una basada en el color blanco y acentos en morado. Otro cambio general fue el combinar en un solo campo el texto con la instrucción y el espacio para la redacción de la respuesta en los formularios, así como agregar iconos al lado izquierdo en estos.



Pantalla de acceso (ver Figura 17):

- Esta pantalla es muy similar a las del diseño rápido pero agregado los botones de acceso por redes sociales.

Figura 17. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de registro

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

Analizar si es factible o no agregar un reconocimiento facial a la aplicación en el apartado del acceso de la figura 17, con la finalidad de facilitarle la vida al usuario.

El campo de correo y usuario son redundantes si se manejan juntos, se sugiere dejar solo uno para el acceso y retirar el otro, o incluso sustituir ambos por un campo de número telefónico y dejar estos campos como algo opcional si el usuario desea llenarlos para complementar su perfil.



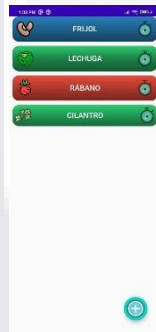
Pantalla de nuevo registro (ver Figura 18):

- Esta pantalla no presenta cambios notorios a comparación con su diseño rápido.

Figura 18. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de nuevo registro

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

Se recomiendo generar teclados específicos según el tipo de campo a llenar, por ejemplo, si el campo es solo numérico que el teclado despliegue solo los numero y no la versión extendida.



Pantalla de control del invernadero (ver Figura 19):

- En esta pantalla se implementó la recomendación número 1 de la versión 1 etapa 1, retirando las pilas que medían el estado de los sensores y remplazándolas por un reloj que indicara el tiempo aproximado restante sugerido para la cosecha del vegetal.
- El resto de la pantalla no presenta mayor cambio de su diseño rápido.

Figura 19. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de control del invernadero



Figura 20. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de nuevo cultivo

Pantalla de nuevo cultivo (ver Figura 20):

- Esta pantalla se mantiene muy similar a la del diseño rápido, pero se agregó la posibilidad de seleccionar en que zona se desea cultivar el vegetal seleccionado.

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

Analizar si es factible o no volver la aplicación modular y que se puedan agregar más de las cuatro zonas precargadas en el sistema.



Figura 21. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de cultivo específico

Pantalla de cultivo específico (ver Figura 21):

- En esta pantalla se volvió a implementar la primera sugerencia de colocar un indicador del tiempo sugerido estimado del corte del cultivo seleccionado.
- También se agregó un pequeño texto que nos da información del cultivo seleccionado y su posicionamiento.
- Se considero la segunda recomendación y se retiró el poder controlar los actuadores dentro del invernadero.

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

Hay campos de texto que se cortan en algunos dispositivos de pantalla chica, se recomienda cambiar estos elementos a solo iconos o volver el tamaño del texto un valor dinámico.

Revisar los textos proporcionados por la aplicación para no sean confusos, por ejemplo, en la pantalla de un cultivo específico dice que faltan 32 días para el corte óptimo de la

verdura, en este caso se podría redactar como que faltan 32 días para el crecimiento óptimo de la verdura.



Figura 22. Ver. 1 E. 2 – Pantalla de registro

Pantalla de registro (ver Figura 22):

- En esta pantalla se implementó la tercera recomendación hecha en las pantallas de diseño rápido, se preparó el espacio para colocar las gráficas que representen los datos mostrados.

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

Analizar si es factible o no exportar los datos del registro a un formato de Excel para su análisis posterior.

Se reviso el flujo y diseño de prototipo versión 1 etapa 2 y se realizaron algunas recomendaciones más generales:

- Sería recomendable y de ayuda al usuario que los textos colocados en las listas desplegables / *spinners* se ordenen alfabéticamente.
- Analizar si es viable dejar abierta la base de datos al usuario ya que este podría editar los valores óptimos de los cultivos y generar valores erróneos que perjudicaran al cultivo.
- En los campos donde el usuario coloca texto, una vez que este empieza a escribir el nombre del campo se pierde, sería recomendable que se siga viendo el nombre del campo para ayudar al usuario.

4.3.3 Versión 1 Etapa 3 – Introduciendo la base de datos y autenticación de acceso

Para la implementación de la base de datos a la aplicación se usó la base de datos en tiempo real Firebase / *Firestore Realtime Database* debido a las virtudes que posee para cubrir las necesidades del problema a desarrollar. También hay que señalar que, por cuestiones de compatibilidad con el sistema, se decidió cambiar la versión de Android base pasando del 4.0.0 *ice cream* a la 4.2.0 *jelly bean*.

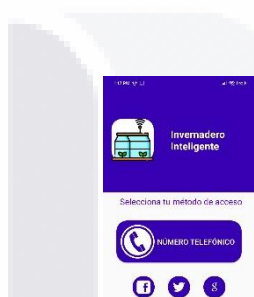


Figura 23. Ver. 1 E. 3 – Pantalla de acceso

Pantalla de acceso (ver Figura 23):

- Considerando las recomendaciones hechas en la etapa anterior se reformó completamente esta pantalla eliminando los elementos que podían hacer más tedioso el acceso a la aplicación y sustituyéndolo con medios más cómodos para este como lo sería el acceso usando su número de teléfono o su cuenta de Gmail.

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

Eliminar el acceso mediante redes sociales debido a que no se están utilizando.



Figura 24. Ver. 1 E. 3 – Pantalla de nuevo registro usando el número telefónico

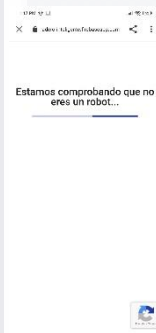


Figura 25. Ver. 1 E. 3 – Verificación de no ser un bot



Figura 26. Ver. 1 E. 3 – Notificaciones del código de autenticación y mensaje de texto

Pantalla de nuevo registro usando el número telefónico (ver Figura 24):

- El acceso mediante número telefónico es bastante simple para los usuarios debido a que este puede no contar con ninguna cuenta de correo o de alguna red social, pero si contar con un teléfono celular y el solo tener que proporcionar este número agiliza el proceso de autenticación y libera de crear cuentas al usuario.
- Al momento de presionar el botón de número de teléfono en la pantalla de acceso de la figura 23, si no se encuentra registrado en la base de datos se mostrará esta pantalla en la cual el usuario deberá colocar su número de teléfono y presionar el botón de verificar número mediante el servicio de mensajes cortos / *Short Message Service (SMS)*.
- Enseguida se mostrará una pantalla para verificación representada en la figura 25 para cercioraron que no se trata de un programa informático que se efectúa automáticamente *bot*.
- Posteriormente el usuario recibirá la notificación de haber recibido un mensaje de texto similar a la vista en la figura 26, el contendrá un código de verificación de 6 dígitos que el usuario deberá escribir en l aplicación para poder así acceder.
- Una vez que el usuario allá accedido en una ocasión con este método ya no le volver a pedir que se autentique a menos que desinstale la aplicación o cierre su sesión.

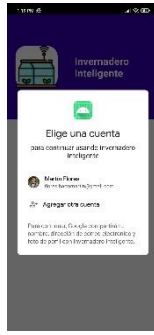


Figura 27. Ver. 1 E. 3 – Pantalla de nuevo registro usando una cuenta de Gmail

Pantalla de nuevo registro usando una cuenta de Gmail (ver Figura 27):

- El acceso mediante Gmail es muy cómodo para el usuario debido a que si el usuario quiere acceder a la plataforma de Play store o actualizar alguna aplicación mediante este servicio es necesario que posea una cuenta en este sistema de correos iniciada en su teléfono, por lo que es muy común contar con una cuenta de estas ya creada.
- Si el usuario selecciona la opción de acceder a la aplicación mediante una cuenta de Gmail, le aparecerá una ventana flotante donde le mostrará las cuentas de Gmail que el usuario posea iniciadas en su dispositivo y en caso de no contratar con ninguna brinda la posibilidad de iniciar sesión o si es necesario de crear hay mismo una cuenta de Gmail.
- Esta autenticación solo es necesaria la primera vez, ya que mientras el usuario no desinstale la aplicación o cierre su sesión podrá acceder sin ningún inconveniente a la aplicación.



Figura 28. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de control del invernadero



Figura 29. Ver. 1 E. 3 - Cerrar sesión desde la barra superior

Pantalla de control del invernadero (ver figura 28):

- Esta pantalla es muy similar a la mostrada en la etapa anterior, pero con pequeños cambios como el color morado de la barra de navegación y que hora cuenta con dos funciones nuevas.
- En la parte izquierda superior se ve un menú de hamburguesa el cual al presionarlo se despliega un menú lateral visto en la figura 30.
- En la parte derecha superior cuenta tiene 3 puntos los cuales al presionarlos nos abre un submenú que nos permita cerrar la sesión como se ve en la figura 29.
- En la parte inferior derecha el color del botón de agregar nuevos cultivos cambio su color de azul a un morado claro al igual que actualizo su icono y al presionarlo nos direcciono a la pantalla de agregar cultivo nuevo que se mantiene igual a la de la figura 20 vista en la segunda etapa.

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

Sería recomendable agregar más información sobre los cultivos en esta pantalla, pero que sean datos útiles como la zona en la que están plantados y el tiempo restante para su corte óptimo.

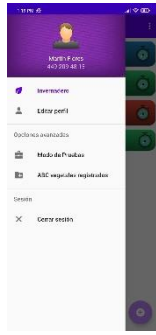


Figura 30. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de la barra lateral

Pantalla de la barra lateral (ver Figura 30):

- Esta pantalla es nueva de esta versión y es un menú diseñado para facilitar el movimiento dentro de la aplicación al usuario.
- La forma de acceder a esta pantalla es presionando en botón de hamburguesa de la pantalla del control de invernadero de la figura 28 o arrastrando de izquierda a derecha desde el borde del dispositivo.

Recomendación por parte de los tutores de la tesis:

Sería recomendable eliminar todos los botones que no se encuentran en uso como el de Editar perfil y el de Cerrar sesión.



Figura 31. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de ABC de los vegetales

Pantalla de ABC de los vegetales (ver Figura 31):

- Esta pantalla es accesible desde el menú lateral y desde aquí puede modificar la base de datos de los vegetales seleccionables para cultivar.
- Entre las opciones puede dar de alta un vegetal nuevo (figura 32), darlo de baja (figura 33) o modificar sus valores (figura 34).



Figura 32. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de agregar un vegetal nuevo

Pantalla de agregar un vegetal nuevo (ver Figura 32):

- En esta pantalla el usuario podrá dar de alta vegetales que no están registrados en la base de datos para así poder usarlos posteriormente en sus cultivos.

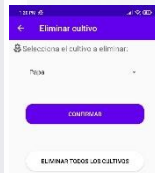


Figura 33. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de eliminar un vegetal

Pantalla de eliminar un vegetal (ver Figura 33):

- En esta pantalla el usuario podrá dar de baja vegetales que ya están registrados en la base de datos.



Figura 34. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de editar un vegetal

Pantalla de editar un vegetal (ver Figura 34):

- En esta pantalla el usuario podrá editar los datos registrados en la base de datos de los vegetales.



Figura 35. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de editar el perfil del usuario

Pantalla de editar el perfil del usuario (ver Figura 35):

- A esta pantalla se puede acceder desde la barra lateral y es posible modificar los datos registrado del usuario si este desea completar su información de perfil.



Figura 36. Ver. 1 E. 3 - Pantalla de cultivo en específico

Pantalla de cultivo en específico (ver Figura 36):

- Esta pantalla es accesible cuando el usuario presiona un cultivo en específico en la pantalla de control del invernadero vista en la figura 28.
- Esta interfaz se mantiene muy similar a la de la versión anterior con el cambio que los textos que describían a los valores tomados del invernadero que antes se veía cortado en algunos dispositivos fue sustituido por un icono representativo.
- Con la implementación de la base de datos en tiempo real los valores tomados por los sensores deberán actualizarse en el momento que estos se agregan a la base de datos.
- Se presiona el botón de registro nos direcciona a la pantalla del registro del cultivo en específico la cual no presenta cambios con su etapa anterior vista en la figura 22.



Figura 37. Ver. 1 E. 3 - Pantalla donde se ve el título del campo encima del espacio para escribir

Cambios generales:

Algunos otros cambios en la aplicación a nivel general es el mostrar los datos en orden alfabético para así facilitar la búsqueda visual al usuario, así como la modificación que se hizo en los campos de texto para que el nombre de estos se mantuviera visible aun cuando el usuario los usa haciendo que este título se coloque por encima del campo de texto representado en la figura 37, así como el adaptar los teclados de acuerdo con el tipo de dato a ingresar para evitar errores con el usuario.

Observación:

Esta versión es la que se usó en la prueba piloto que se aplicó a los estudiantes de licenciatura de la Universidad Autónoma de Aguascalientes para valorar el desempeño de la herramienta de evaluación de calidad, aun así, aunque no es su objetivo la prueba piloto ayudó a detectar las siguientes recomendaciones.

Recomendación en base a lo observado en la prueba piloto:

Con base en lo observado en la prueba piloto es evidente que se están presentado problemas en la aplicación debido a errores que comente el usuario, por lo cual es recomendable validar estos campos vacíos para evitar reducir estos casos y si se presentan ayudar al usuario a recuperarse.

Además, sería recomendable que se agregaran ejemplos de cómo llenar los campos de texto en donde el usuario puede escribir, para tratar de ser más claros.

También sería recomendable que se agregara un indicativo para señalar que está cargando contenido y así indicarle al usuario que existe en proceso y no se llegue a preocupar si ve la pantalla en blanco.

Como un agregado extra sería recomendable agregar graficas o estadística para el usuario.

4.3.4 Versión 2 – Validaciones de seguridad y Modo avanzado

En la elaboración de este prototipo se pulieron algunos detalles en base a los datos recabado en la prueba prototipo aplicada a los estudiantes de la Universidad Autónoma de Aguascalientes teniendo así más opiniones sobre los elementos faltantes.

El enfoque principal que se abordó en esta versión fueron las validaciones de seguridad y se implementó el modo avanzado para visualizar más detalles sobre los cultivos dentro del invernadero.

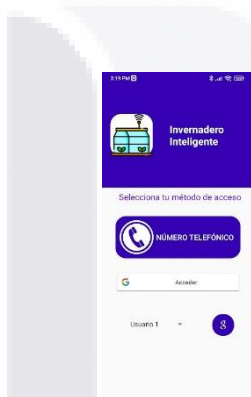


Figura 38. Ver. 2 - Pantalla de acceso

Pantalla de acceso (ver Figura 38):

- En esta versión se retiraron los botones de acceso mediante Facebook y Twitter debido a que estos no se estaban utilizando.
- Además, se agregó una lista desplegable con varias correos precargados para usarlos como correos de prueba y llevar un mejor control de estas pruebas. Esta lista desplegable no estará presente en la versión final solo mediante las pruebas.



Figura 39. Ver. 2 - Pantalla de control del invernadero

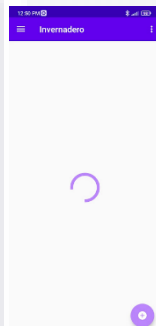


Figura 40. Ver. 2 - Pantalla de carga del control del invernadero

Pantalla de control del invernadero (ver Figura 39):

- Esta pantalla es muy similar a la presentada en la versión anterior, con la diferencia que los cultivos anteriormente se representaban como botones y ahora son más como tarjetas divididas en tres sectores, en el que sus componentes de izquierda a derecha son un icono de una planta del color representativo del cultivo, en la parte central superior el nombre del cultivo en negritas y en la parte inferior la zona donde esta cultivado, así como en el extremo derecho la cantidad de días que faltan para el corte óptimo del cultivo. Estas tarjetas cumplen el mismo funcionamiento que hacían antes los botones.
- Tomando la recomendación se agregó un indicador de carga en forma de círculo al centro de la pantalla el cual aparece mientras termina de realizar las consultas del invernadero, ver figura 40.



Figura 41. Ver. 2 - Pantalla de la barra lateral

Pantalla de la barra lateral (ver Figura 41):

- Para esta pantalla se eliminaron los accesos que no se usaban dejando solo los funcionales, como el que nos dirige a la pantalla principal del control del invernadero y las dos que nos envían para agregar, eliminar y eliminar vegetales y zonas.



Figura 42. Ver. 2 - Pantalla de agregar un vegetal nuevo

Pantalla de agregar un vegetal nuevo (ver Figura 42):

- Para esta pantalla se agregaron en la parte inferior de cada campo un ejemplo de cómo podría llegarlo para así tratar de disminuir las dudas del usuario.
- Además, si se presiona el botón de Confirmar y quede algún campo sin llenar se marcará este con un icono de admiración (!) en color rojo y al presionarlo nos indicará la causa del error que sería "Este campo no puede quedar vacío", evitando así un error y dándole la posibilidad al usuario de resolverlo, esto lo podemos ver en la Figura 43.



Figura 43. Ver. 2 - Error de campo vacío en la Pantalla de agregar un vegetal nuevo



Figura 44. Ver. 2 - Pantalla de editar un vegetal



Figura 45. Ver. 2 - Error de campo vacío en la Pantalla de editar un vegetal



Figura 46. Ver. 2 - Mensaje de precaución en la Pantalla para eliminar un vegetal

Pantalla de editar un vegetal (ver Figura 44):

- De forma similar al caso de Agregar un vegetal nuevo de la figura 42, se agregaron los ejemplos en la parte inferior de los campos en los que el usuario puede escribir.
- Además, de igual manera se colocó la validación de los campos vacíos de la figura 43 en esta pantalla para evitar el error de que editen un valor y lo dejen vacío o simplemente lo borren y procedan a guardarlo así, ver figura 45.

Mensaje de precaución en la Pantalla para eliminar un vegetal (ver Figura 46):

- Escuchando las recomendaciones generadas en base a la prueba piloto se agregó el mensaje de “Precaución. Esta acción eliminara permanentemente este vegetal. ¿Estás seguro de continuar?” en la pantalla de Eliminar vegetal, ver figura 32, el cual se presenta siempre que el usuario desea eliminar un cultivo, dándole así la posibilidad de replantearse el eliminarlo o cancelar la acción en caso de un error de clic.



Figura 47. Ver. 2 - Pantalla de ABC de zonas

Pantalla de altas, bajas y cambios (ABC) de zonas (ver Figura 47):

- Esta pantalla se encuentra igual a la de la versión anterior, solo se agregó una validación la cual es que cuando no se encuentre ninguna zona registrada para el invernadero no muestre las opciones de eliminar ni editar zonas, solo agregar una nueva como se ve en la figura 48, esto para evitar errores y confusiones del usuario.

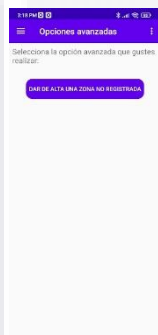


Figura 48. Ver. 2 - Pantalla de ABC de zonas cuando no hay zonas registradas



Figura 49. Ver. 2 - Pantalla de agregar una zona nueva



Figura 50. Ver. 2 - Error de campo vacío de la Pantalla de agregar una zona nueva



Figura 51. Ver. 2 - Mensaje de precaución en la Pantalla para eliminar una zona

Pantalla de agregar una zona nueva (ver Figura 49):

- En esta pantalla también se agregó un ejemplo de que podría colocar en los campos de llenado por el usuario, así como la validación para evitar dejar campos vacíos, ver figura 50.

Mensaje de precaución en la Pantalla para eliminar una zona (ver Figura 51):

- De acuerdo con las recomendaciones obtenidas en la prueba piloto también aquí se agregó una ventana emergente de Precaución que se muestra cuando el usuario desea eliminar una zona que dice “Precaución. Esta acción eliminara permanentemente esta zona de cultivo. ¿Estás seguro de continuar?”, dándole así la posibilidad de replantearse el eliminarlo o cancelar la acción en caso de un error de clic.

Mensajes de información del calendario en la Pantalla de agregar un cultivo nuevo (ver Figura 52 y 53):



Figura 52. Ver. 2 - Mensaje de información, fecha aún no transcurrida para la pantalla de Agregar un nuevo cultivo



Figura 53. Ver. 2 - Mensaje de información, fecha muy antigua para la pantalla de Agregar un nuevo cultivo

- Se agre una ventana emergente, ver figura 52, que dice “Espera un momento. La fecha que seleccionaste aun no transcurre. Selecciona otra para continuar.” La cual como el mensaje dice se presenta cuando el usuario desea agregar un nuevo cultivo al invernadero, pero en el campo de la fecha de siembra colocan una fecha que aún no ha transcurrido, por lo que se recomiendo al usuario seleccionar otra fecha y se le vuelve a abrir el calendario.
- De forma similar a la anterior, se agregó otra ventana de información, ver figura 53, la cual dice “Espera un momento. La fecha que seleccionaste es más antigua que el tiempo de crecimiento del cultivo. Selecciona otra para continuar.” La cual se muestra cuando el usuario en el campo de fecha de cultivo selecciono una fecha tan atrás que el cultivo debería haber alcanzado ya su punto óptimo de corte por lo que se recomienda seleccionar otra fecha y se vuelve a abrir el calendario.



Figura 54. Ver. 2 - Pantalla de cultivo específico

Pantalla de cultivo específico (ver Figura 54):

- En esta pantalla se mantiene similar la información a la de la versión anterior, cambiando principalmente en la forma en que se muestran los títulos, además se incluyeron imágenes en la parte de los valores de la temperatura, humedad e iluminación.
- El antiguo botón de Registro fue sustituido por el botón de Modo avanzado.
- Se agregó un botón que permite al usuario poder eliminar el cultivo si es que este lo desea, al presionarlo acciona una ventana precaución mostrada en la figura 55.



Figura 55. Ver. 2 - Mensaje de precaución en la Pantalla de cultivo específico

Mensaje de precaución en la Pantalla de cultivo específico (ver Figura 55):

- Se agregó esta ventana de advertencia para el usuario la cual se muestra cuando se presiona el botón de Eliminar cultivo del invernadero y la cual dice "Precaución. Esta acción eliminara permanentemente este cultivo. ¿Estás seguro de continuar?", dándole la oportunidad al usuario de considerar si realmente desea borrar el cultivo o cancelar la acción en caso de un error de dedo.



Figura 56. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado

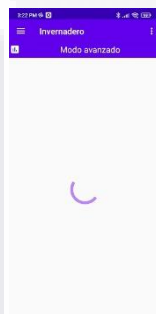


Figura 57. Ver. 2 - Pantalla de carga del modo avanzado



Figura 58. Ver. 2 - Pantalla de modo avanzado - Factor tiempo

Pantalla de Modo Avanzado (ver Figura 56):

- Esta pantalla es la reestructuración de la pantalla de registro de la imagen 22, la cual era únicamente un modelado y ahora es completamente funcional además de actualizar un poco el diseño de la pantalla.
- Considerando la recomendación se agregó un indicador de carga en forma de círculo al centro de la pantalla el cual aparece mientras termina de realizar las consultas de los registros del cultivo en el invernadero, ver figura 57.
- La pantalla del modo avanzado cuenta con cuatro subsecciones de acuerdo con cada factor medido por el invernadero, donde todas se manejan de la misma forma, primero su título en forma de una etiqueta con el nombre del factor y un color e icono distinto para cada una, seguido de datos específicos y estadísticos del cultivo. Estos factores se muestran en las figuras del 58 al 62.

Pantalla de Modo Avanzado – Factor tiempo (ver figura 58):

- El primer eslabón es el Factor Tiempo, en este podemos ver una gráfica de pastel donde se muestra la cantidad de días que lleva el vegetal desde su fecha de cultivo, así como el tiempo restante.
- Debajo de la gráfica se encuentran tres puntos, siendo estos la fecha en la cual se plantó el cultivo, el tiempo óptimo de crecimiento para ese vegetal y la cantidad de días que faltan para que llegue la fecha recomendada de corte.

Pantalla de Modo Avanzado – Factor temperatura (ver figura 59):

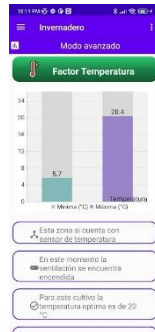


Figura 59. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado – Factor temperatura

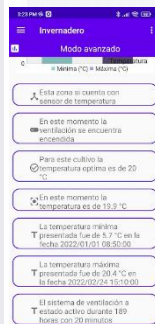


Figura 60. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado – Factor temperatura continuación

- El segundo eslabón es el Factor temperatura, en este podemos ver una gráfica de barras la cual nos permite ver de forma rápida la temperatura máxima y mínima que ha alcanzado el cultivo.
- Debajo de la gráfica se encuentran siete puntos, ver figura 60, siendo los primeros cuatro informativos:
 - Si la zona de cultivo cuenta con un sensor para la temperatura.
 - Si el accionador, en este caso el sistema de ventilación, este encendido o apagado en ese momento.
 - Cuál es la temperatura óptima para ese cultivo.
 - La temperatura registrada en ese momento en el cultivo.
- Y los ultimo tres puntos estadísticos, siendo estos:
 - La temperatura mínima registrada en el cultivo, así como la fecha y hora en que se registró.
 - La temperatura máxima registrada en el cultivo, así como la fecha y hora en que se registró.
 - Además de la cantidad de horas que ha estado encendido el sistema de ventilación durante todo el periodo que ha estado cultivado y registrado el vegetal.



Figura 61. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado – Factor humedad

Pantalla de Modo Avanzado – Factor humedad (ver figura 61):

- El tercer eslabón es el Factor humedad, en el cual podemos destacar seis puntos de entre los cuales los primero cuatro son informativos:
 - Si la zona de cultivo cuenta con un sensor para la humedad.
 - Si el accionador, en este caso el sistema de riego, este encendido o apagado en ese momento.
 - Cuál es la humedad óptima para ese cultivo.
 - La humedad registrada en ese momento en el cultivo.
- Y los ultimo dos puntos estadísticos, siendo estos:
 - La cantidad de líquido utilizado para regar el cultivo en mililitros.
 - La cantidad de tiempo en horas que el sistema de riego a esta activo hasta ese momento.



Figura 62. Ver. 2 - Pantalla de Modo Avanzado – Factor iluminación

Pantalla de Modo Avanzado – Factor iluminación (ver figura 62):

- El último eslabón es el Factor iluminación, en el cual podemos destacar cinco puntos de entre los cuales los primero cuatro son informativos:
 - Si la zona de cultivo cuenta con un sensor para la iluminación.
 - Si el accionador, en este caso el sistema de iluminación, este encendido o apagado en ese momento.
 - Cuál es la iluminación óptima para ese cultivo.
 - La iluminación registrada en ese momento en el cultivo.
- Y siendo el ultimo puntos estadísticos la cantidad de tiempo en horas que el sistema de iluminación a esta activo hasta ese momento.

4.4 Base de datos

Analizando las características y requerimientos del proyecto es necesario utilizar una base de datos que sea capaz de manejar una gran cantidad de datos y cuya estructura sea flexible, debido a esto se decidió optar por una base de datos no estructurada, es decir NoSQL.

4.4.1 Firebase Realtime Database

Firebase (Firebase, n.d.) es una plataforma alojada en la nube de Google que sirve para el desarrollo de aplicaciones móviles y web, además de contar con un amplio catálogo de opciones disponibles en su plan gratuito.

Esta herramienta cuenta con varias funcionalidades como lo serian la de desarrollo, crecimiento y monetización, aun así, la que más nos interesa para este proyecto es la primera debido a que dentro de esta función se encuentra la posibilidad de usar la base de datos Realtime Database.

Firestore Realtime Database es una base de datos *NoSQL* alojada en la nube la cual almacena sus datos en forma de un *JSON*, pero su característica más importante es su funcionalidad en tiempo real, esta funciona enviando eventos automáticamente desde la base de datos a la aplicación siempre que algún dato cambie y los almacena en la aplicación, incluso si no cuenta con conexión a internet estos cambios se guardan y se actualizan en cuanto la conexión se restablezca.

Firestore cuenta con algunas otras características importantes como la autenticación de usuarios, almacenamiento en la nube, envío de notificaciones, soporte vía email, seguridad al usuario con el certificado de Capa de Puertos Seguros / *Secure Sockets Layer (SSL)* y al formar parte de la infraestructura de Google tenemos acceso a sus datos analíticos y todo entrando dentro del plan gratuito.

4.4.2 Implementación

Dentro de la base de datos Firestore Realtime Database, ver figura 63, se almacenan los datos generados por todos los usuarios como serian su invernadero, los vegetales que tiene registrados, las zonas de cultivo y las capturas generadas por el proyecto con IoT.



Figura 63. Estructura de la base de datos en Firestore Realtime Database

Además, dentro de la información almacenada en la base de datos se encuentran los valores óptimos de cultivo para algunos vegetales, los que se pueden ver en la tabla número

2. Estos datos se cargan automáticamente a cada perfil creado dentro de la aplicación móvil para que el usuario pueda usarlos en su invernadero si los requiere.

Tabla 2. Valores óptimos de algunos cultivos

| Vegetal | Temperatura (°C) | Humedad (%) | Iluminación (Lx) |
|----------|------------------|-------------|------------------|
| Albahaca | 25 | 86 | 32500 |
| Tomate | 25 | 70 | 25000 |
| Lechuga | 16 | 70 | 21000 |
| Papa | 23 | 92 | 35000 |
| Cilantro | 20 | 75 | 20000 |
| Fresa | 20 | 92 | 25000 |
| Maíz | 34 | 37 | 75000 |
| Brócoli | 16 | 68 | 25000 |
| Pepino | 29 | 80 | 25000 |
| Rábano | 35 | 70 | 35000 |

Para el acceso del usuario en la aplicación, los datos se guardan dentro del apartado de autenticación del proyecto en Firebase y no el JSON de la base de datos, ligados por un Identificador de usuario / *Unique Identification (UID)* que le asigna automáticamente la página, como se puede ver en la figura 64.



Figura 64. Autenticación de Firebase

4.5 Desarrollo de la aplicación de IoT

El proyecto con IoT es de gran importancia dentro de la investigación debido a que este es el cual se encargara de generar toda la información relacionada al invernadero y procederá a almacenarla en la base de datos para que posteriormente la aplicación pueda analizarla y administrarla.

4.5.1 Hardware

Para generar el proyecto con IoT se decidió utilizar la tarjeta Pine A64-LTS (PINE64, 2017) ver la imagen 65, la cual es una minicomputadora de una sola placa. Entre sus principales características se encuentra su procesador *Quad-Core Allwinner A64* a 1.152 Gigahercios (GHz), sus hasta 2 Gigabyte (GB) de Memoria de acceso aleatorio / *Random Access Memory (RAM)*, su puerto de *Ethernet* para conexión a internet por medio de cable, el módulo de arranque sobre una microSD, así como la posibilidad de conectarle un adaptador para bluetooth 4.0 y WIFI, entre otros.

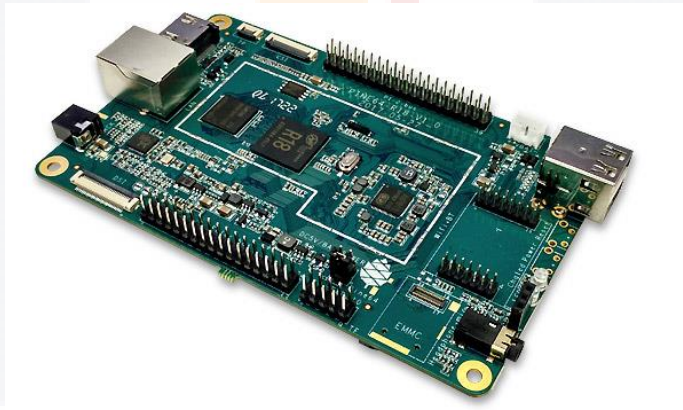


Figura 65. Placa PINE A64-LTS

4.5.2 Sistema operativo

La tarjeta PINE A64-LTS es compatible con una gran cantidad de sistemas operativos de código abierto, entre ellos los que más resaltan son las distribuciones de Linux y Android.

Para la implementación se utilizó la primera, es decir, una distribución de Linux en específico Armbian (PINE64, 2021). Para su instalación utilizamos la imagen ISO basada en Ubuntu `armbian_21.02.3_Pine64so_focal_current_5.10.21` la cual es posible descargar desde su página oficial, aun así, una vez cargado el sistema operativo este se actualizo a la versión más reciente.

4.5.3 Software

En el apartado del software se decidió desarrollar la aplicación sobre el lenguaje Java, debido a que este lenguaje es compatible con la base de datos seleccionada además de que la aplicación de Android también está desarrollada con Java asiendo que se pueda reutilizar código si es necesario.

Por parte de la estética se decidió utilizar una similar a la presente en la aplicación móvil para así mantener la coherencia entre estas y sea más fácil para el usuario.

La aplicación de IoT, ver figura 66, se vincula a la aplicación móvil únicamente usando su nombre de usuario, con esto accede a la base de datos y extrae la información en tiempo real.

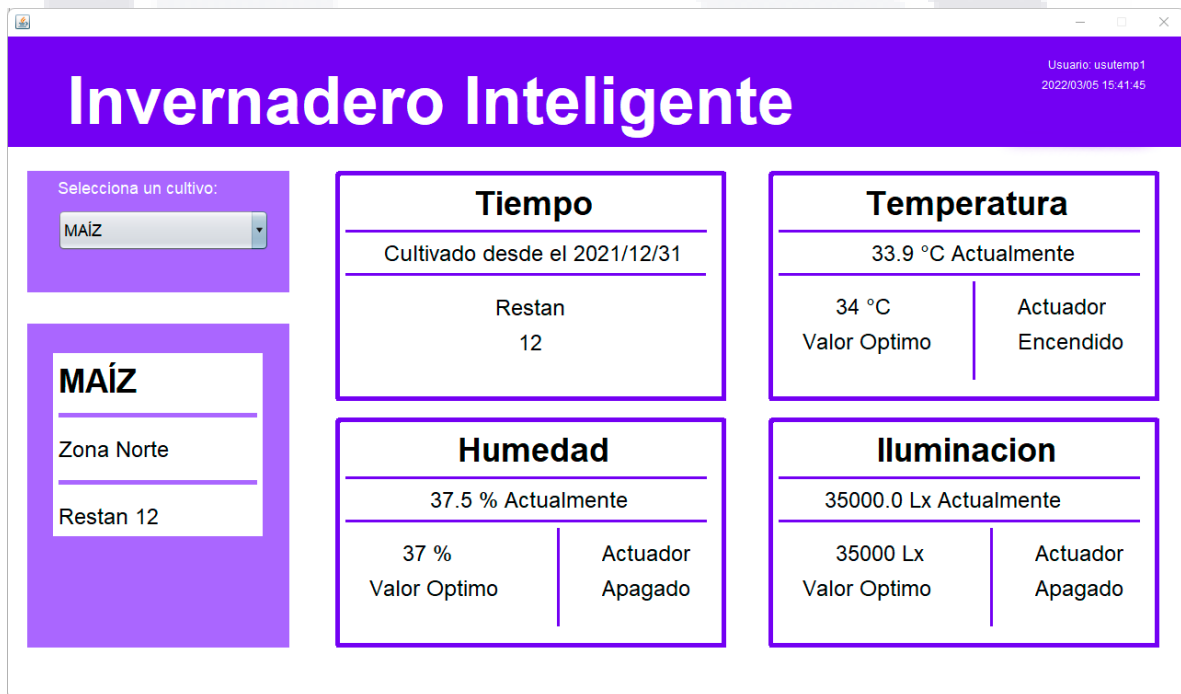


Figura 66. Aplicación de IoT

La interfaz del sistema se puede dividir en tres claras secciones, estando la primera situada en la parte superior de la pantalla y contiene el título de la aplicación, el usuario con el que está accediendo, la fecha y hora actual.

En la sección izquierda de la aplicación la cual se destaca al estar con un fondo de color más claro encontramos una lista desplegable en el cual podemos seccionar el cultivo en específico que queremos visualizar en ese momento, mientras que debajo de este se

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

muestra el nombre del cultivo seleccionado, la zona donde esta plantado y la cantidad de días restantes para su corte óptimo. Es importante mencionar que el seleccionar un vegetal en la lista desplegable solo es para ver sus datos, pero aun así todos los cultivos se encuentran cargados y funcionando al mismo tiempo.

La parte derecha de la aplicación también es la más grande y es aquí donde se puede visualizar la información del cultivo en ese momento repartida en cuatro recuadros. El primer recuadro se enfoca en el factor del tiempo mostrándonos únicamente la fecha en la que se plantó el cultivo y el tiempo que le falta para su corte óptimo, mientras que en los otros tres recuadros se muestra la información referente a la temperatura, humedad e iluminación junto a su registro actual, su valor óptimo y si activamente se encuentra o no encendido su actuador.

En el apartado del funcionamiento de la aplicación, está consiste en emular los sensores de temperatura, humedad e iluminación, generando de esta manera los valores captados por los sensores simulando un ambiente real, por lo que ahora el invernadero pueda tomar estos datos y así seleccionar la mejor decisión para alcanzar o mantener los valores óptimos para el crecimiento de cada cultivo, señalando que estas decisiones varían por cada vegetal considerando los valores óptimos para cada uno de estos.

4.6 Métricas

Es importante saber definir cómo se va a evaluar un producto, debido a que no todo el peso recae en la funcionalidad de este, y también es importante considerar otros aspectos, como lo serían el desempeño, la velocidad de realizar ciertas acciones, la usabilidad, entre otras, es decir la calidad.

De acuerdo con Pressman (2010) se menciona que la calidad va en relación con los requerimientos que describen el proyecto y a las pruebas que se le realicen al aplicativo. Además, menciona que es adecuado utilizar métricas para valorar la calidad del proyecto de una forma objetiva.

Aunque existen varias métricas para medir la calidad de un software, nos enfocaremos en utilizar la ISO / IEC 25000, también conocida como la Evaluación y requisitos de calidad del software y del sistema / *System and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*, la cual es un grupo de normativas con la finalidad de generar marcos de trabajo

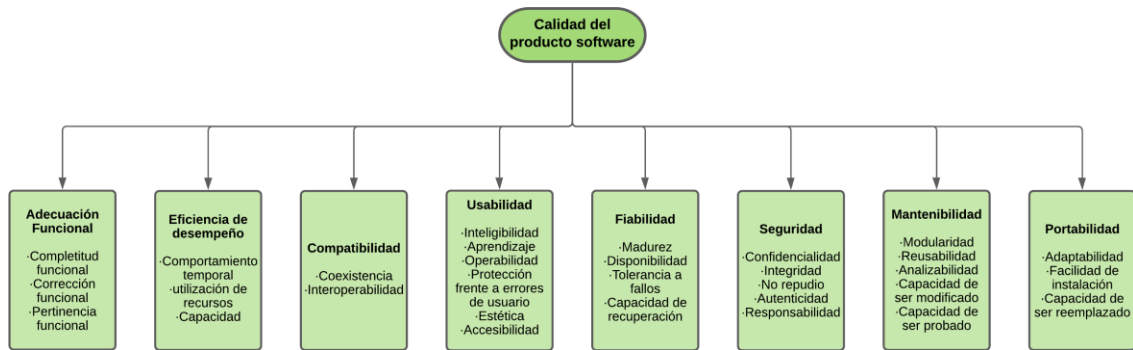
para poder evaluar y medir la calidad de un producto de software (*NORMAS ISO 25000*, n.d.).

La normativa ISO / IEC 25010 define a la calidad del producto de software como el nivel en que el producto es capaz de satisfacer las necesidades y requerimientos del cliente y de esta manera poder generar un valor al mismo (*ISO 25010*, n.d.).

Las principales ventajas que se obtienen al implementar el modelo ISO / IEC 25000 serian que las características del software se encuentran alineados con las necesidades reales de los requerimientos del usuario, se maximiza la rentabilidad y calidad del software, así como la satisfacción del cliente.

4.6.1 Modelo de calidad

La norma ISO / IEC 25010 cuenta con varias categorías y factores para medir la calidad del producto de software tales como son la funcionalidad, rendimiento, seguridad, entre otras;



de las cuales no utilizaremos todas debido a los requerimientos del prototipó resultante del proyecto. La Figura 67 muestra el Modelo que representa al ISO/IEC 25010.

Figura 67. Calidad del producto software. Modelo ISO/IEC 25010
 Nota: Modelo ISO/IEC 25010. Imagen adaptada del sitio del ISO 25010, 2021.

4.6.2 Definición de las variables

Se analizaron las categorías propuestas en la norma ISO / IEC 25010 es apreciable que existen varios factores que se adecuan a la propuesta del proyecto para medir su calidad de software, entre las cuales se escogieron las mostradas en la Tabla 3 para la categoría de la eficiencia de desempeño y la 4 para la usabilidad.

Tabla 3. Factores para la categoría de la Eficiencia de desempeño

| Factor | Definición |
|-------------------------|---|
| Comportamiento temporal | Los tiempos de respuesta y procesamiento de ciertos elementos clave del sistema |
| Capacidad | Grado en que los límites de un parámetro satisfacen los requerimientos |

Tabla 4. Factores para la categoría de la Usabilidad

| Factor | Definición |
|--------------------------------------|--|
| Capacidad de aprendizaje | Facilidad para aprender a usar la aplicación |
| Capacidad para ser usado | Facilidad para usar la aplicación |
| Protección contra errores de usuario | Capacidad del sistema para evitar que el usuario se equivoque y si ocurre orientarlo para que lo solucione |
| Estética de la interfaz de usuario | Que tan atractiva resulta la aplicación al usuario |

Con base en los factores seleccionados se definieron las variables para evaluar la calidad del aplicativo, las cuales se expresan en la tabla 5 y 6.

Tabla 5. Variables por factor para la categoría de la Eficiencia de desempeño

| Factor | Variables |
|-------------------------|---|
| Comportamiento temporal | Tiempo de respuesta de los elementos en pantalla Tiempo de transición entre pantallas Tiempo de carga de contenido |
| Capacidad | Cantidad de variables para administrar el invernadero Precisión de la temperatura Precisión de la humedad Precisión de la iluminación Cantidad de vegetales para usar en el invernadero |

Tabla 6. Variables por factor para la categoría de la Usabilidad

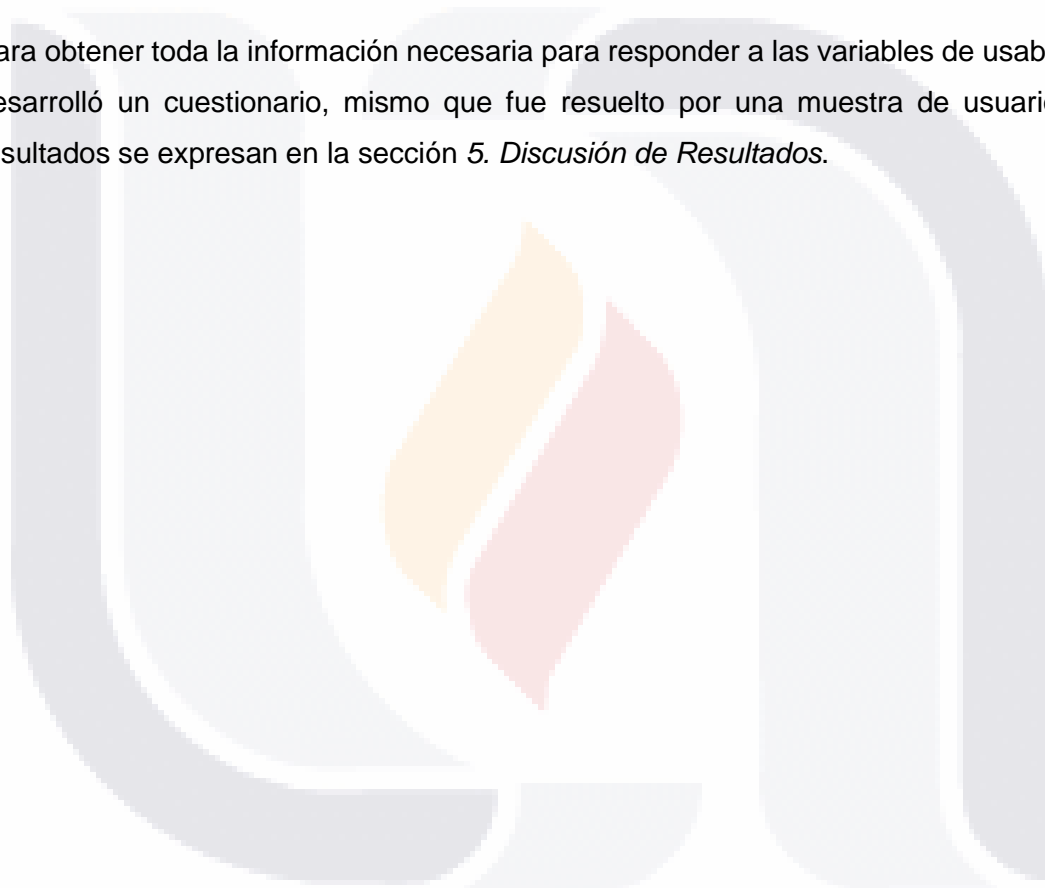
| Factor | Variables |
|--------------------------------------|---|
| Capacidad de aprendizaje | Iconos reconocibles Lenguaje utilizado Numero de clic para realizar una acción Constancia entre las paginas |
| Capacidad para ser usado | Interfaces fáciles de entender Facilidad de uso Facilidad de realizar acciones Grado de complejidad de la información Flujo de pantallas lógico |
| Protección contra errores de usuario | Preguntas de confirmación de acciones Claridad en los mensajes de error Mensajes de error entendibles Sugerencia de como llenar los datos Recuperación de errores |
| Estética de la interfaz de usuario | Distribución de los elementos en pantalla Diseño de pantalla agradable Contraste de elementos en pantalla Combinación de colores Tipo de letra Tamaño de letra |

De las variables definidas es importante definir que todas comparten las mismas propiedades, como lo son el método de obtención de la información, el tipo de la variable y métrica que se utilizara para medirlas (ver Tabla 7).

Tabla 7. Propiedades de las variables definidas

| Propiedad de la variable | Definición |
|---------------------------------------|---|
| Método de obtención de la información | Mediante la selección de una muestra de los usuarios tras una demostración del aplicativo |
| Tipo de variable | Nominal ordinal |
| Métrica para utilizar | Escala del 1 al 10, únicamente valores enteros |

Para obtener toda la información necesaria para responder a las variables de usabilidad se desarrolló un cuestionario, mismo que fue resuelto por una muestra de usuarios y los resultados se expresan en la sección 5. *Discusión de Resultados*.



5. Discusión de Resultados

Dentro de esta sección se encuentran los resultados la evaluación de calidad del software tanto el análisis de la prueba piloto como el de la prueba con público objetivo.

5.1 Prueba piloto

El objetivo de realizar la prueba pilo fue el de valorar al instrumento mismo, para con ello tratar de buscar que el cuestionario fuera óptimo y entendible para el usuario final, la prueba piloto se realizó con dos grupos de estudiantes que cursaban el tercer semestre de ingeniería en sistemas computacionales en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

El procedimiento que se siguió con ambos grupos fue mediante una video llamada de Microsoft Teams, primero se realizó una demostración del funcionamiento del software, para que enseguida los usuarios pilotos hicieran uso del aplicativo mediante un emulador en internet donde se cargaba el Paquete de aplicaciones de Android / Android Application Package (APK) correspondiente a la aplicación. Cuando los usuarios terminaran de probarla, pasaban a responder la encuesta de calidad en línea (SurveyMonkey).

5.1.1 Descripción de la muestra

Se aplicó la herramienta de evaluación a dos grupos de alumnos que cursaban la carrera de ingeniería en sistemas computacionales en la Universidad Autónoma de Aguascalientes de los cuales se consiguió recuperar un total de 49 encuestas, de estas fueron rechazadas 6, representado un 12.2% del total, debido a que no estaban contestadas al completo, por lo que terminaron siendo solo 43 encuestas aceptadas para el análisis de los datos, representando un 87.8% del total de las encuestas realizadas, volviéndose este el tamaño de nuestra muestra, ver tabla 8 y figura 68.

Tabla 8. Tamaño de la muestra de la prueba piloto

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|------------|------------|------------|
| Correctos | 43 | 87.8% |
| Rechazados | 6 | 12.2% |
| Total | 49 | 100.0% |

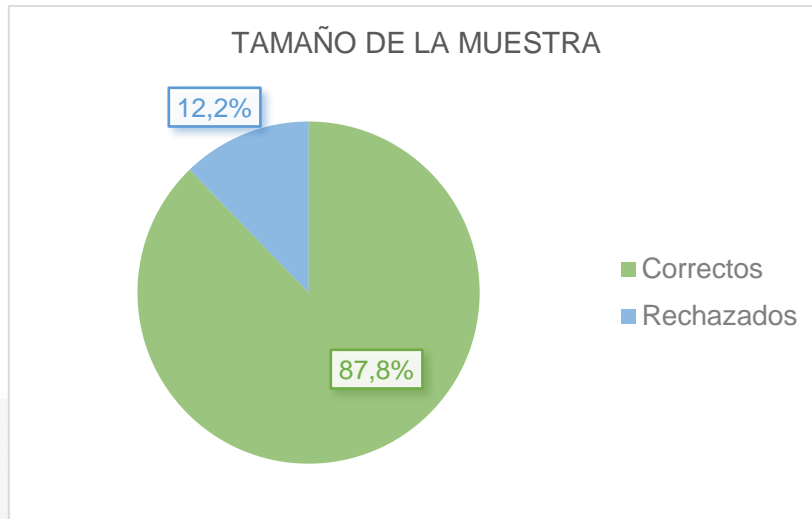


Figura 68. Gráfico de pastel que representa el tamaño de la muestra de la prueba piloto

Del total de la muestra aceptada sabemos que todos los encuestados se encuentran entre los 18 y 24 años, ver tabla 9, esto era predecible al considerar que eran estudiantes de universidad.

Tabla 9. Edad de los encuestados en la prueba piloto

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|------------------|------------|------------|
| Menor de 18 años | 0 | 0.0% |
| De 18 a 24 años | 43 | 100.0% |
| De 25 a 34 años | 0 | 0.0% |
| De 35 a 44 años | 0 | 0.0% |
| De 45 a 54 años | 0 | 0.0% |
| Mas de 54 años | 0 | 0.0% |

Respecto a la identidad de género es adecuado mencionar que la encuesta que contestada en su mayoría por personas que se identifican con género masculino siendo un total del 76.7% del total, ver tabla 10, seguido por el femenino con un 20.9% y otro con un 2.3%, estos datos se pueden visualizar en la figura 69.

Tabla 10. Género con el cual se identifica de la prueba piloto

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-------------------------|------------|------------|
| Femenino | 9 | 20.9% |
| Masculino | 33 | 76.7% |
| Otro | 1 | 2.3% |
| Preferiría no contestar | 0 | 0.0% |

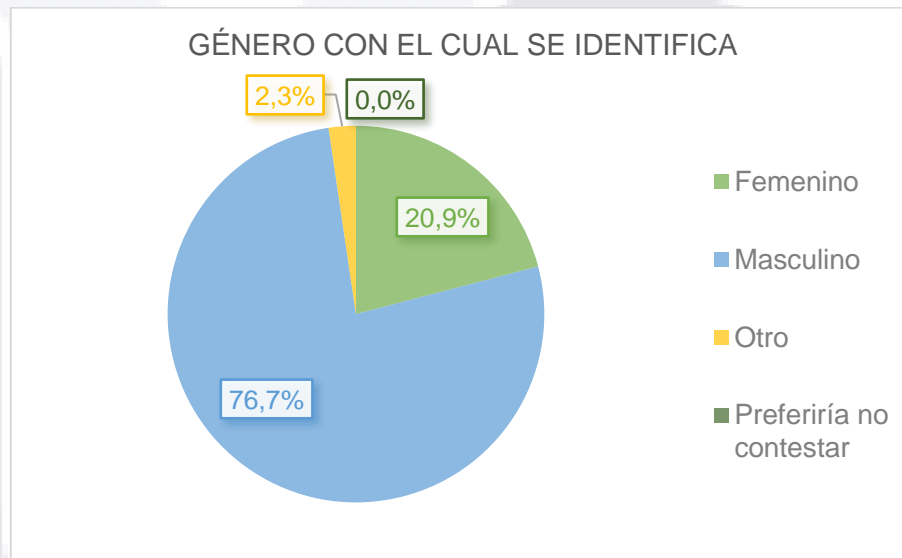


Figura 69. Gráfico de pastel que representa el género con el cual se identifica de la prueba piloto

En relación con la experiencia en el uso de la computadora, ver tabla11, podemos destacar que la mayoría de los encuestados se consideran que poseen una experiencia adecuada con un 60.5%, seguido de un uso excelente del 23.3% y un uso regular del 14%, ver figura 70.

Tabla 11. Experiencia con el uso de las computadoras de la prueba piloto

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-----------|------------|------------|
| Ninguna | 0 | 0.0% |
| Poca | 1 | 2.3% |
| Regular | 6 | 14.0% |
| Adecuada | 26 | 60.5% |
| Excelente | 10 | 23.3% |

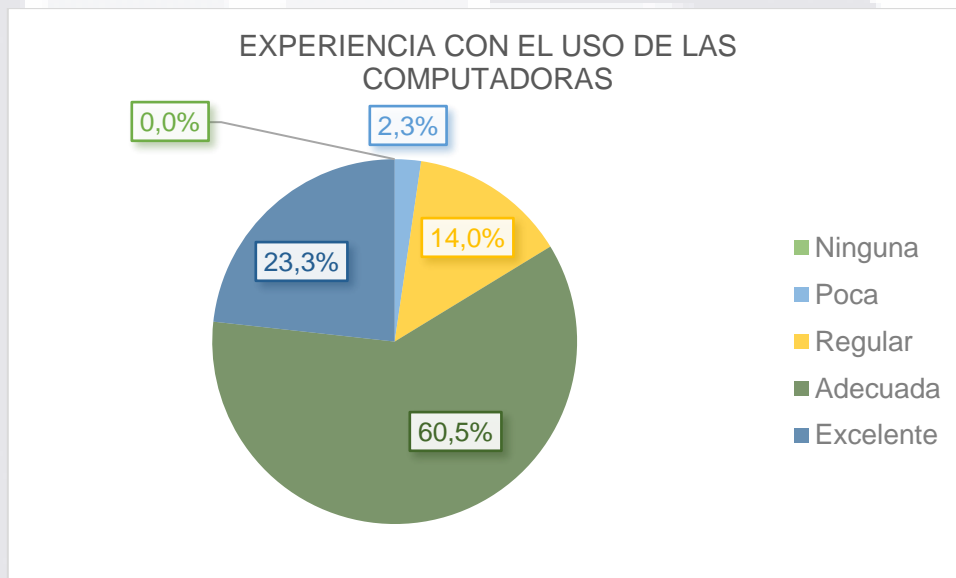


Figura 70. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de las computadoras de la prueba piloto

En el apartado de experiencia con el uso de los dispositivos móviles, ver tabla 12, podemos destacar que la mayoría de los encuestados consideran que tiene un uso adecuado de estos dispositivos con un 53.5%, un 34.9% con excelente y un 11.6% con regular, ver figura 71.

Tabla 12. Experiencia con el uso de los dispositivos móviles de la prueba piloto

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-----------|------------|------------|
| Ninguna | 0 | 0.0% |
| Poca | 0 | 0.0% |
| Regular | 5 | 11.6% |
| Adecuada | 23 | 53.5% |
| Excelente | 15 | 34.9% |
| Posgrado | 0 | 0.0% |

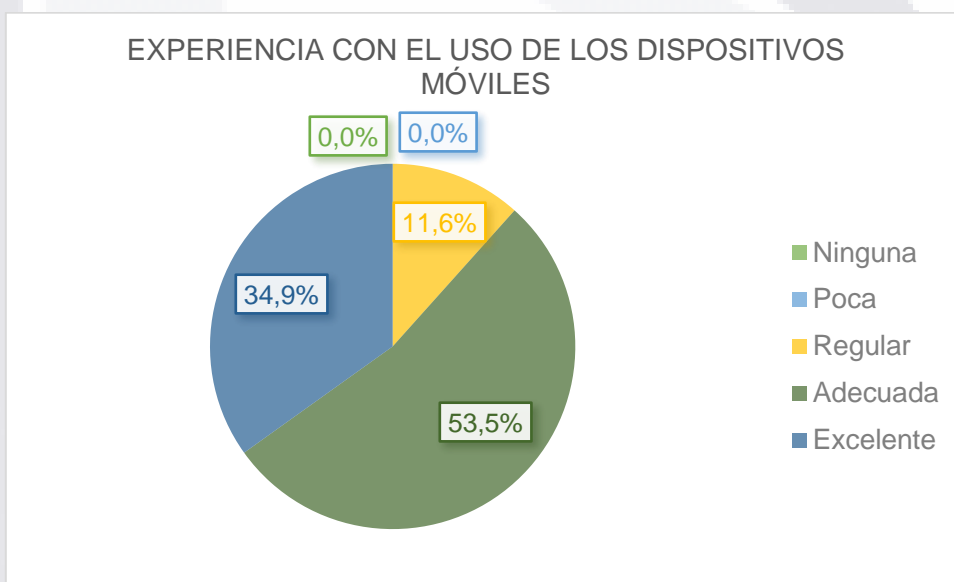


Figura 71. Gráfica de pastel que representa la experiencia con el uso de los dispositivos móviles de la prueba piloto

En el apartado de la experiencia con el uso de internet, ver tabla 13, de forma similar a las anteriores se destaca la experiencia adecuada con un 51.2%, seguido por el excelente con 37.2% y regular con el 11.6%, ver figura 73.

Tabla 13. Experiencia con el uso de Internet de la prueba piloto

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-----------|------------|------------|
| Ninguna | 0 | 0.0% |
| Poca | 0 | 0.0% |
| Regular | 5 | 11.6% |
| Adecuada | 22 | 51.2% |
| Excelente | 16 | 37.2% |
| Posgrado | 0 | 0.0% |

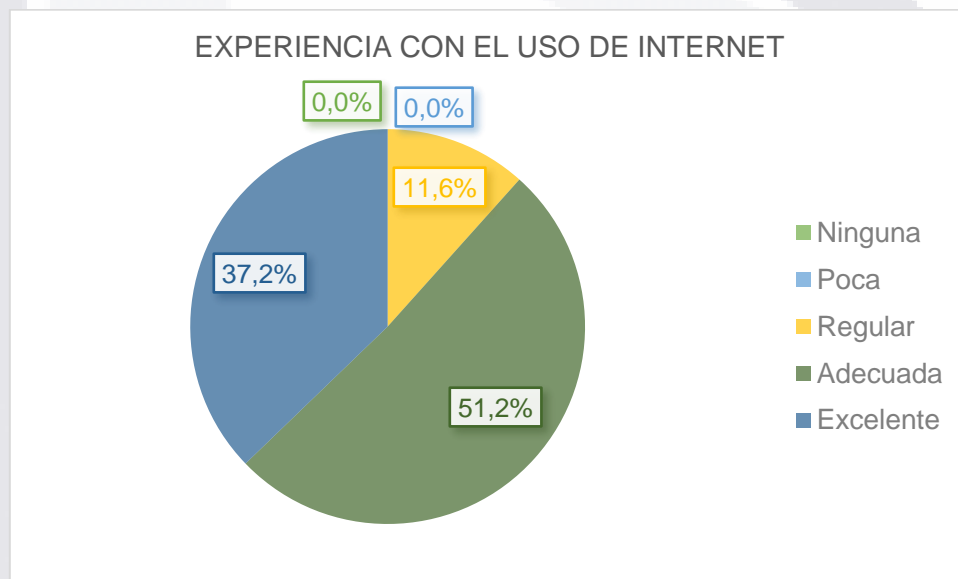


Figura 72. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de Internet de la prueba piloto

5.1.2 Análisis de confiabilidad

Antes de continuar el análisis de confiabilidad es importante señalar que los datos que se utilizaron pararon por un proceso de limpieza, tomando como criterio eliminar todos aquellos elementos que han dejado de responder por lo menos una pregunta de las consideradas como obligatorias, es decir todas aquellas que forman parte del proceso de evaluación de las variables.

Una vez que se tienen los datos limpios y apoyándonos del software estadístico Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales / *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* se procedió a analizar la confiabilidad y valides del instrumento realizado, para esto se

decidió separar la encuesta en base a las variables de interés y analizar su correlación utilizando el alfa de Cronbach (Darren y Mallery, 2003).

Para interpretar la confiabilidad de las variables se utilizó la siguiente métrica, ver tabla 14.

Tabla 14. Valores para la interpretación del alfa de Cronbach

| Valor del alfa Cronbach | Interpretación |
|-----------------------------|----------------|
| Superior a 0.90 | Excelente |
| Mayor a 0.80 y menor a 0.89 | Bueno |
| Mayor a 0.70 y menor a 0.79 | Aceptable |
| Mayor a 0.60 y menor a 0.69 | Cuestionable |
| Menor de 0.59 | Pobre |

5.1.2.1. Eficiencia de desempeño

Esta categoría contiene los primeros dos factores a los que se les aplicó el análisis de confiabilidad, siendo estos el Comportamiento Temporal y la Capacidad.

5.1.2.1.1. Comportamiento temporal

El factor Comportamiento temporal, se enfoca en analizar los tiempos de respuesta de ciertos elementos clave para el sistema. Para evaluar esto se utilizaron 3 variables las cuales se encuentran en la tabla 15 así como el alfa de Cronbach obtenido.

Tabla 15. Factores y alfa de Cronbach para el factor Comportamiento temporal de la prueba piloto

| Variable | Factores | Alfa de Cronbach |
|-------------------------|--|------------------|
| Comportamiento temporal | Tiempo de respuesta de los elementos en pantalla | 0.938 |
| | Tiempo de transición entre pantallas | |
| | Tiempo de carga de contenido | |

Se puede apreciar que el nivel de confiabilidad de este factor es *excelente* ($0.90 \leq 0.938$) de acuerdo con la escala establecida en la tabla 14, adaptada de la propuesta por Darren y Mallery (2003).

5.1.2.1.2. Capacidad

Para este factor se buscaba conocer el grado en que los límites de los parámetros llegan a satisfacer las necesidades de los usuarios que llegan a usar la aplicación. Para esto se utilizaron 5 variables y junto con su nivel de confiabilidad se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Factores y alfa de Cronbach para el factor Capacidad de la prueba piloto

| Variable | Factores | Alfa de Cronbach |
|-----------|---|------------------|
| Capacidad | Cantidad de variables para administrar el invernadero | 0.954 |
| | Precisión de la temperatura | |
| | Precisión de la humedad | |
| | Precisión de la iluminación | |
| | Cantidad de vegetales para usar en el invernadero | |

Se puede apreciar que el nivel de confiabilidad de este factor es *excelente* ($0.90 \leq 0.954$) de acuerdo con la escala establecida en la tabla 14, adaptada de la propuesta por Darren y Mallery (2003).

5.1.2.2. Usabilidad

Esta categoría contiene los siguientes cuatro factores a los que se les aplicó el análisis de confiabilidad, siendo estos el Capacidad de aprendizaje, Capacidad para ser usado, Protección contra errores de usuario y Estética de la interfaz de usuario.

5.1.2.2.1. Capacidad de aprendizaje

Pasando a la categoría de Usabilidad tenemos el factor de Capacidad de aprendizaje el cual consisten en la facilidad de aprender a usar la aplicación. En este apartado se utilizaron 4 variables las cuales están representados enseguida junto con su valor de confiabilidad, ver tabla 17.

Tabla 17. Factores y alfa de Cronbach para el factor Capacidad de aprendizaje de la prueba piloto

| Variable | Factores | Alfa de Cronbach |
|--------------------------|---|------------------|
| Capacidad de aprendizaje | Iconos reconocibles | 0.886 |
| | Lenguaje utilizado | |
| | Numero de clic para realizar una acción | |
| | Constancia entre las paginas | |

Se puede apreciar que el nivel de confiabilidad de este factor es *bueno* ($0.80 \leq 0.886 \leq 0.89$) de acuerdo con la escala establecida en la tabla 14, adaptada de la propuesta por Darren y Mallery (2003).

5.1.2.2. Capacidad para ser usado

Pasando al factor de Capacidad para ser usado se buscaba conocer la facilidad con la que cuenta la aplicación para ser usada. Para valorar este punto se utilizaron 5 variables las cuales se pueden ver en la tabla 18 junto a su confiabilidad.

Tabla 18. Factores y alfa de Cronbach para el factor Capacidad para ser usado de la prueba piloto

| Variable | Factores | Alfa de Cronbach |
|--------------------------|--|------------------|
| Capacidad para ser usado | Interfaces fáciles de entender | 0.662 |
| | Facilidad de uso | |
| | Facilidad de realizar acciones | |
| | Grado de complejidad de la información | |
| | Flujo de pantallas lógico | |

En esta ocasión el alfa de Cronbach tiene un valor cuestionable ($0.60 \leq 0.662 \leq 0.69$), siendo este valor demasiado bajo de acuerdo con la escala establecida en la tabla 14, adaptada de la propuesta por Darren y Mallery (2003), por lo que se analizó el caso en busca de una causa.

Un punto para resaltar en esta variable, es que para evaluar la de Grado de complejidad de la información se colocó una pregunta redactada de forma inversa, *Las interfaces tienen un grado de complejidad muy alto*, con la intención de provocar que los usuarios contestaran lo opuesto, pero a pesar de que la respuesta a esta cuestión se transformó, es decir los valores se colocaron a la inversa, para que coincidiera con las demás antes de realizar el análisis, nos percatamos que esta es la pregunta que está causando ese ruido y al retirarla del análisis de confiabilidad esta mejora sustancialmente, ver tabla 19.

Tabla 19. Factores y alfa de Cronbach para el factor Capacidad para ser usado (modificada) de la prueba piloto

| Variable | Factores | Alfa de Cronbach |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Capacidad para ser usado (Modificada) | Interfaces fáciles de entender | 0.938 |
| | Facilidad de uso | |
| | Facilidad de realizar acciones | |
| | Flujo de pantallas lógico | |

Retirando este factor, al volver a realizar el análisis de confiabilidad podemos percatarnos que el alfa de Cronbach sube bastante alcanzo un valor en una escala de *excelente* ($0.90 \leq 0.938$), de acuerdo con la escala establecida en la tabla 14, adaptada de la propuesta por Darren y Mallery (2003), por lo que se decidió retirar este factor y así como esa pregunta de la herramienta de medición.

5.1.2.2.3. Protección contra errores de usuario

El objetivo de este factor es el de evaluar la capacidad del sistema para evitar que el usuario llegue a equivocarse al momento de usar la aplicación y si esto ocurre orientarlo para que lo solucione de la mejor manera. En este caso se llegaron a utilizar cinco variables las cuales se muestran en la tabla 20 junto con su análisis de fiabilidad.

Tabla 20. Factores y alfa de Cronbach para el factor Protección contra errores de usuario de la prueba piloto

| Variable | Factores | Alfa de Cronbach |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| Protección contra errores de usuario | Preguntas de confirmación de acciones | 0.886 |
| | Claridad en los mensajes de error | |
| | Mensajes de error entendibles | |
| | Sugerencia de como llenar los datos | |
| | Recuperación de errores | |

Tras haber calculado el Alfa de Cronbach para este factor podemos destacar que nos arroja una fiabilidad *buena* ($0.80 \leq 0.886 \leq 0.89$), de acuerdo con la escala establecida en la tabla 14, adaptada de la propuesta por Darren y Mallery (2003).

5.1.2.2.4. Estética de la interfaz de usuario

El último factor que tenemos es la estética de la interfaz de usuario, el cual como su nombre describe, consiste en conocer que tan atractiva resulta la aplicación a los usuarios. Para

este factor se utilizaron 6 variables las cuales son descritos en la siguiente tabla juntos con su valor de alfa de Cronbach, tabla 21.

Tabla 21. Factores y alfa de Cronbach para el factor Estética de la interfaz de usuario de la prueba piloto

| Variable | Factores | Alfa de Cronbach |
|------------------------------------|---|------------------|
| Estética de la interfaz de usuario | Distribución de los elementos en pantalla | 0.932 |
| | Diseño de pantalla agradable | |
| | Contraste de elementos en pantalla | |
| | Combinación de colores | |
| | Tipo de letra | |
| | Tamaño de letra | |

Podemos apreciar que en este factor se presenta un valor del alfa de Cronbach excelente ($0.90 \leq 0.932$), de acuerdo con la escala establecida en la tabla 14, adaptada de la propuesta por Darren y Mallery (2003).

5.1.2.3. Todos los factores

Para terminar este análisis de confiabilidad de las variables se decidio calcular el alfa de Cronbach a todas las variables utilizadas, exceptuado la variable Grado de complejidad de la información correspondiente al factor Facilidad para ser usado el cual retiramos de la prueba para aumentar considerablemente la fiabilidad de este factor. El cual podemos visualizar en la tabla 22.

Tabla 22. Factores y alfa de Cronbach de todas las variables usadas para la muestra piloto

| Factores | Variables | Alfa de Cronbach |
|--------------------------------------|---|------------------|
| Comportamiento temporal | Tiempo de respuesta de los elementos en pantalla | 0.959 |
| | Tiempo de transición entre pantallas | |
| | Tiempo de carga de contenido | |
| | Cantidad de variables para administrar el invernadero | |
| | Precisión de la temperatura | |
| | Precisión de la humedad | |
| | Precisión de la iluminación | |
| Capacidad | Cantidad de vegetales para usar en el invernadero | |
| | Iconos reconocibles | |
| Capacidad de aprendizaje | Lenguaje utilizado | |
| | Numero de clic para realizar una acción | |
| Capacidad para ser usado | Constancia entre las paginas | |
| | Interfaces fáciles de entender | |
| | Facilidad de uso | |
| Protección contra errores de usuario | Facilidad de realizar acciones | |
| | Flujo de pantallas lógico | |
| | Preguntas de confirmación de acciones | |
| Estética de la interfaz de usuario | Claridad en los mensajes de error | |
| | Mensajes de error entendibles | |
| | Sugerencia de como llenar los datos | |
| | Recuperación de errores | |
| | Distribución de los elementos en pantalla | |
| | Diseño de pantalla agradable | |
| | Contraste de elementos en pantalla | |
| | Combinación de colores | |
| | Tipo de letra | |
| | Tamaño de letra | |

Calculando el Alfa de Cronbach general de todas las variables juntas podemos notar que se cuenta con un valor calificado como *excelente* ($0.90 \leq 0.959$), de acuerdo con la escala establecida en la tabla 14, adaptada de la propuesta por Darren y Mallery (2003), por lo que podemos destacar que el instrumento es adecuado para su uso, realizando sus adecuaciones.

5.1.3. Estadísticos descriptivos

Como parte del estudio realizado a las variables de los factores analizados, también se realizó un análisis estadístico de estas plasmado en la tabla 23 y 24. El objetivo de esta es el de poder conocer mejor estos valores, siendo el Mínimo Estadístico, Máximo Estadístico, Media Estadística, Desviación estadística, Asimetría Estadística, Asimetría Desviación Error, Curtosis Estadística y Curtosis Desviación Error en ese orden.

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de la prueba piloto para la categoría de Eficiencia de desempeño

| Factor | Min. | Max. | Media | Desv. | Asim. Estad. | Curt. Estad. |
|---|------|------|-------|-------|--------------|--------------|
| Tiempo de respuesta de los elementos en pantalla | 1 | 10 | 8.02 | 1.858 | -1.904 | 4.57 |
| Tiempo de transición entre pantallas | 3 | 10 | 8.19 | 1.592 | -1.136 | 1.926 |
| Tiempo de carga de contenido | 3 | 10 | 8.23 | 1.674 | -1.185 | 1.353 |
| Cantidad de variables para administrar el invernadero | 3 | 10 | 9.02 | 1.354 | -2.459 | 8.577 |
| Precisión de la temperatura | 3 | 10 | 8.86 | 1.441 | -2.15 | 6.149 |
| Precisión de la humedad | 3 | 10 | 8.77 | 1.461 | -1.928 | 5.129 |
| Precisión de la iluminación | 3 | 10 | 8.79 | 1.505 | -1.911 | 4.601 |
| Cantidad de vegetales para usar en el invernadero | 3 | 10 | 9 | 1.464 | -2.388 | 6.787 |

Tabla 24. Estadísticos descriptivos de la prueba piloto para la categoría de Usabilidad

| Factor | Min. | Max. | Media | Desv. | Asim. Estad. | Curt. Estad. |
|---|------|------|-------|-------|--------------|--------------|
| Iconos reconocibles | 6 | 10 | 9.23 | 1.088 | -1.305 | 0.823 |
| Lenguaje utilizado | 5 | 10 | 9.42 | 1.074 | -2.619 | 7.777 |
| Numero de clic para realizar una acción | 4 | 10 | 9.26 | 1.136 | -2.681 | 10.116 |
| Constancia entre las paginas | 6 | 10 | 9.28 | 1.031 | -1.42 | 1.45 |
| Interfaces fáciles de entender | 1 | 10 | 9.16 | 1.495 | -4.104 | 21.422 |
| Facilidad de uso | 1 | 10 | 9.28 | 1.517 | -4.191 | 21.487 |
| Facilidad de realizar acciones | 1 | 10 | 9.19 | 1.484 | -4.231 | 22.425 |
| Flujo de pantallas lógico | 1 | 10 | 8.63 | 1.732 | -2.532 | 8.771 |
| Preguntas de confirmación de acciones | 1 | 10 | 7 | 3 | -0.96 | -0.327 |
| Claridad en los mensajes de error | 1 | 10 | 7.58 | 2.422 | -1.243 | 1.136 |
| Mensajes de error entendibles | 1 | 10 | 7.67 | 2.222 | -1.11 | 1.079 |
| Sugerencia de como llenar los datos | 1 | 10 | 7.7 | 2.522 | -1.258 | 0.979 |
| Recuperación de errores | 1 | 10 | 7.14 | 2.541 | -0.894 | -0.021 |
| Distribución de los elementos en pantalla | 1 | 10 | 8.88 | 1.707 | -3.002 | 11.293 |
| Diseño de pantalla agradable | 1 | 10 | 8.88 | 1.562 | -3.221 | 14.946 |
| Contraste de elementos en pantalla | 1 | 10 | 9.02 | 1.535 | -3.602 | 17.563 |
| Combinación de colores | 1 | 10 | 8.3 | 2.22 | -1.907 | 3.829 |
| Tipo de letra | 1 | 10 | 9.12 | 1.531 | -3.755 | 18.713 |
| Tamaño de letra | 1 | 10 | 9.02 | 1.566 | -3.435 | 16.055 |

5.1.4. Resultados de la herramienta

Al tratarse de una prueba piloto su objetivo principal era el de evaluar el desempeño de la herramienta elaborada, es decir el cuestionario de calidad, y no la calidad en si de la aplicación. Sin embargo aun así se cuenta con los resultados de la evaluación y analizarlos nos proporciona información interesante de la calidad del aplicativo.

Recordando que todos los factores son variables normales ordinales con una métrica basada en una escala del 1 al 10 y para interpretarlos se definió la siguiente escala, ver tabla 25.

Tabla 25. Interpretación para las calificaciones promedio en la prueba piloto

| Calificación promedio | Interpretación |
|---------------------------|----------------|
| Superior a 9.5 | Óptimo |
| Mayor a 8.0 y menor a 9.4 | Muy bueno |
| Mayor a 6.5 y menor a 7.9 | Buena |
| Mayor a 5.0 y menor a 6.4 | Mediocre |
| Mayor a 3.5 y menor a 4.9 | Mala |
| Mayor a 2.0 y menor a 3.4 | Muy mala |
| Menor de 1.9 | Pésima |

Comportamiento temporal

En el apartado de la Eficiencia del desempeño tenemos el factor comportamiento temporal, la cual tiene 3 variables y nos arroja la siguiente grafica (Figura 73).

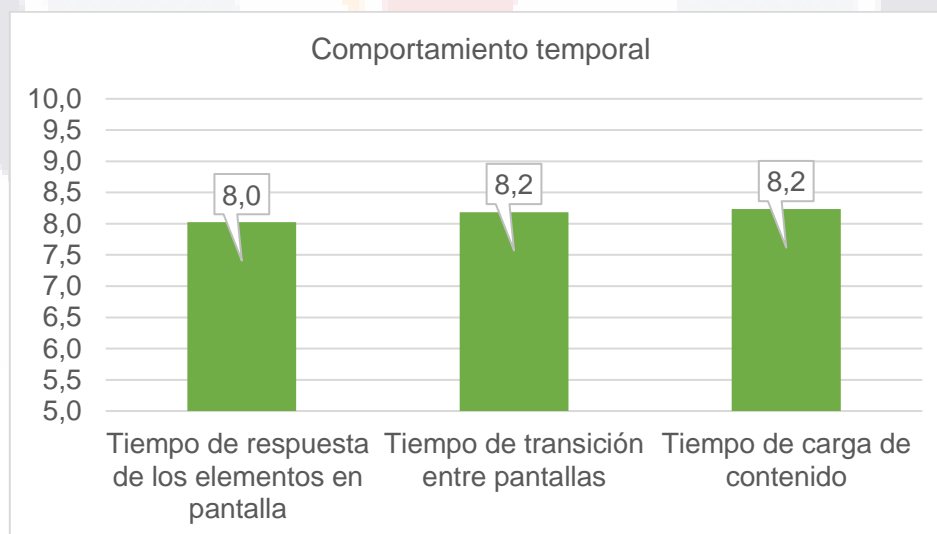


Figura 73. Gráfico de barras para el factor Comportamiento temporal de la prueba piloto

Podemos percatarnos que los promedios de las variables en esta primera variable se encuentran entre el 8 y el 8.2, por lo que su media seria de un valor de 8.1 ($8.0 \leq 8.1 \leq 9.4$) posicionándose en un rango *Muy bueno* dentro de nuestra métrica.

Capacidad

Para el factor de capacidad encontramos 5 variables de los cuales se calculó su promedio y se plasma en la figura 74.

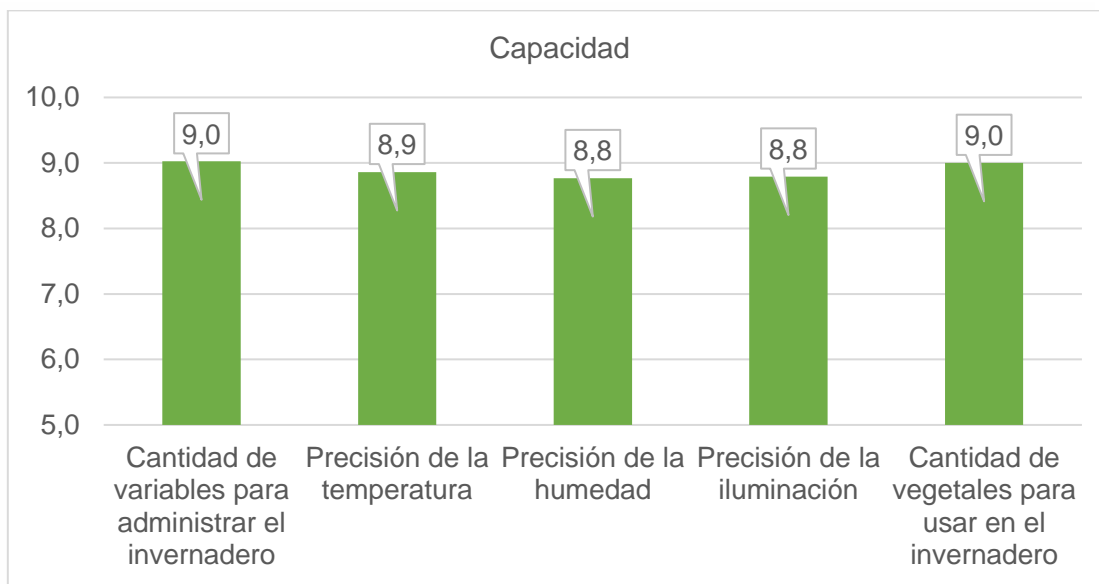


Figura 74. Gráfico de barras para el factor Capacidad de la prueba piloto

Para esta segunda variable es notable el incremento en las calificaciones obtenidas, alcanzando una media general del 8.9 ($8.0 \leq 8.9 \leq 9.4$), quedando como un factor *Muy bueno*.

Capacidad de aprendizaje

Para el factor Capacidad de aprendizaje, el cual se compone de 4 factores de los cuales se calculó y grafico su promedio (figura 75).

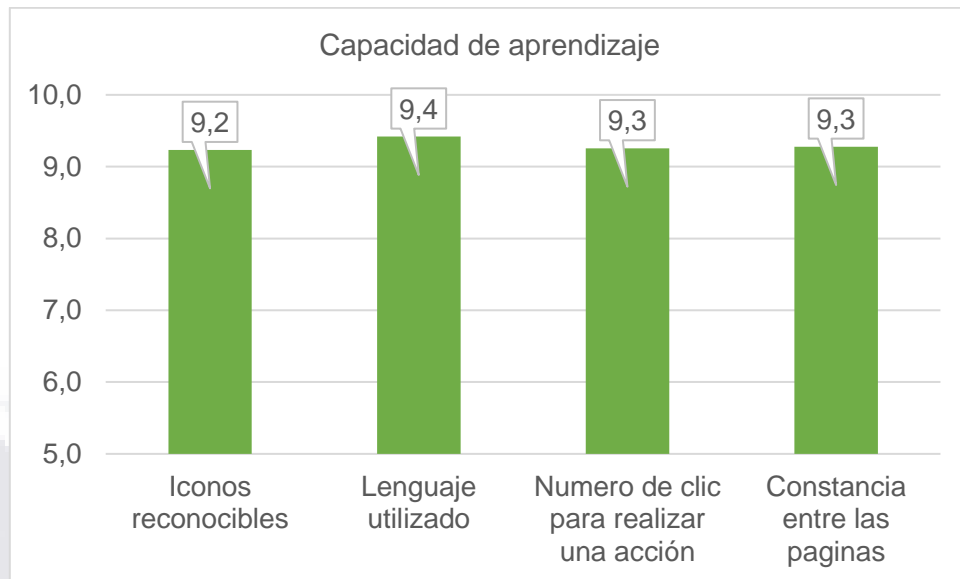


Figura 75. Gráfico de barras para el factor Capacidad de aprendizaje de la prueba piloto

Podemos apreciar que los promedios obtenidos en este factor son realmente altos, todos superando el valor del 9, por lo su media es de 9.3 ($8.0 \leq 9.3 \leq 9.4$) estando en el rango *Muy bueno*.

Capacidad para ser usado

Avanzando a la variable de Capacidad para ser usado, recordamos que este factor se planteó con 5 variables, pero fue reducida a 4 para aumentar la confiabilidad, mismos que su promedio se muestra en la figura 76.

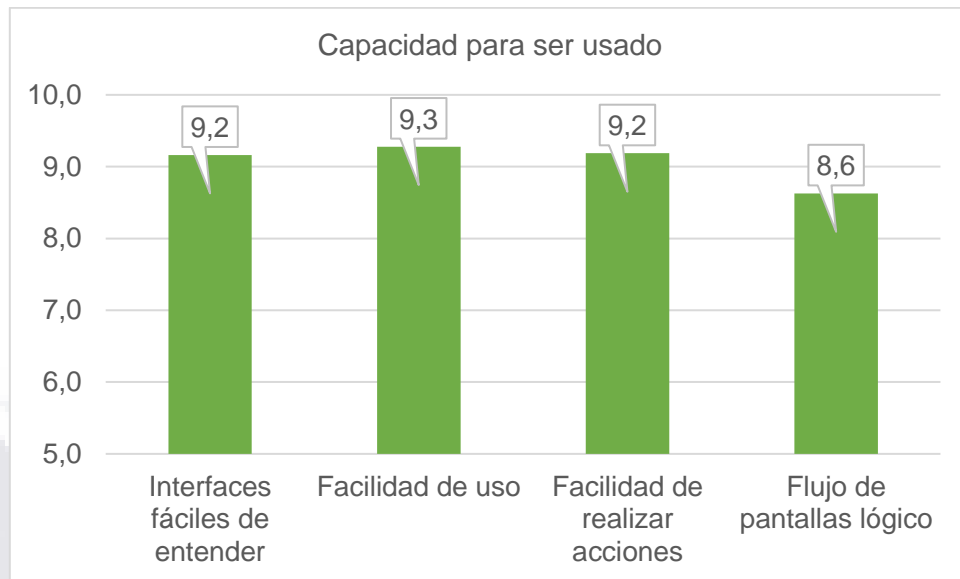


Figura 76. Gráfico de barras para el factor Capacidad para ser usado de la prueba piloto

Es apreciable que 3 de los 4 factores se encuentran por arriba del 9, siendo solo el flujo de pantallas lógico el que se coloca por debajo de este, dando una media de 9.1 ($8.0 \leq 9.1 \leq 9.4$) estando en el rango de *Muy bueno*.

Protección contra errores de usuario

El apartado de Protección contra errores es el siguiente, cuenta con 5 variables las cuales se encuentran la figura 77.

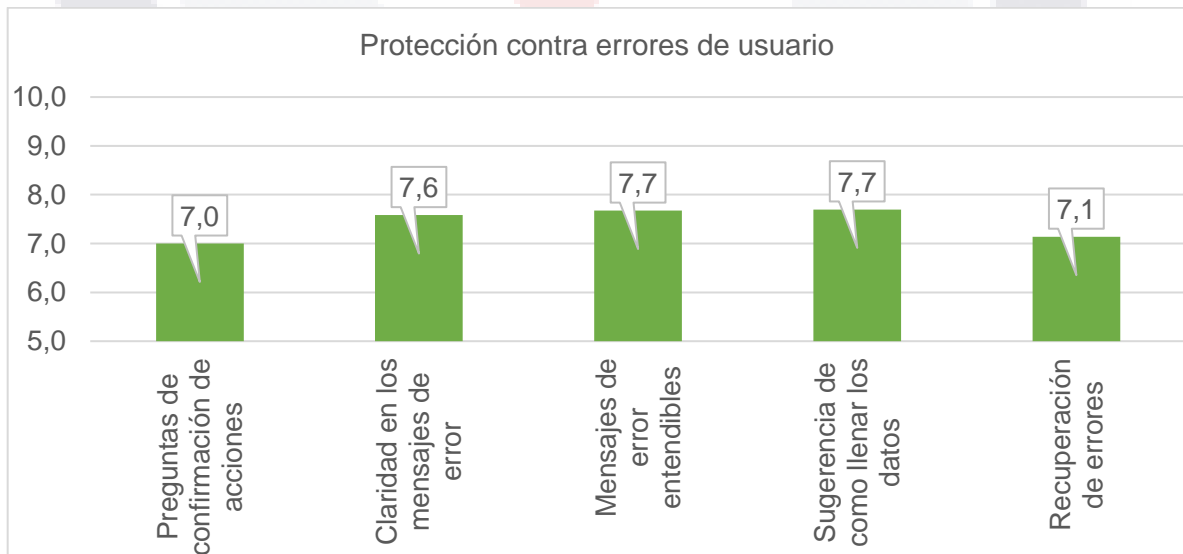


Figura 77. Gráfico de barras para el factor protección contra errores de usuario de la prueba piloto

En este caso es fácilmente reconocible que es uno de los factores más bajas, colocándose todos sus valores por debajo del 8, con una media de 7.4 ($6.5 \leq 7.4 \leq 7.9$) se vuelve una calificación *Buena* para los estándares planteados y siendo unos de los puntos a priorizar al momento de reforzar la aplicación.

Estética de la interfaz de usuario

En el caso del último factor, estética de la interfaz de usuario, se manejaron 5 variables las cuales se muestran en la siguiente figura 78.

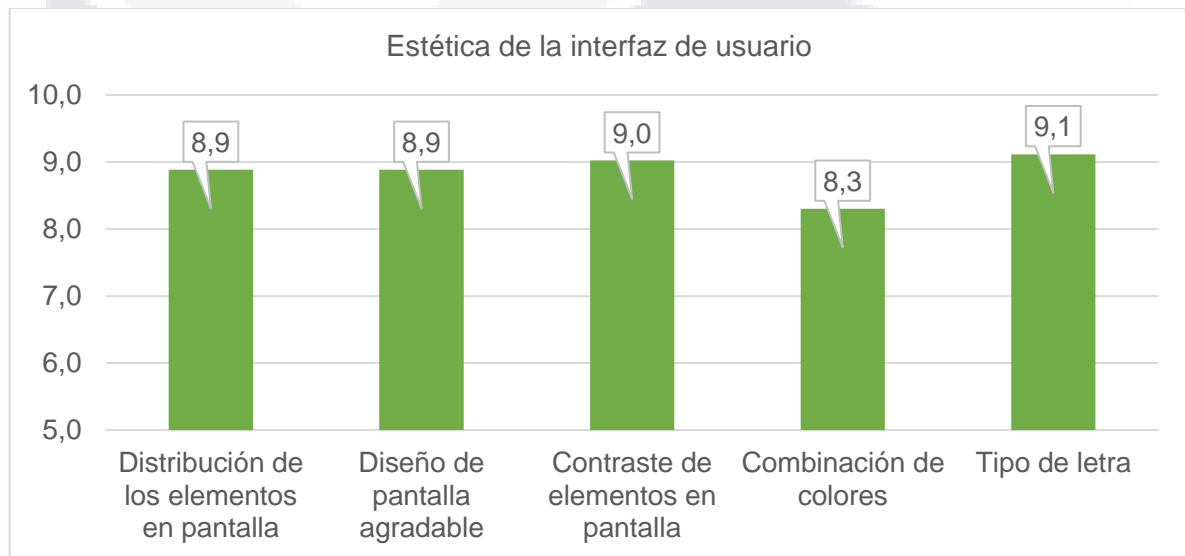


Figura 78. Gráfico de barras para el factor Estética de la interfaz de usuario de la prueba piloto

Este factor cuenta con calificaciones entre los rangos de 9.1 y 8.3, volviendo su media un total de 8.9 ($8.0 \leq 8.9 \leq 9.4$) posicionado esta como una nota *Muy buena* según nuestros criterios.

Calificación general de la aplicación

Al tener todas las medias de las variables, ver Figura 79, podemos destacar que la aplicación ronda en un rango de calificación entre el 7 y 9, sobresaliendo en áreas como la Capacidad de aprendizaje y la Capacidad para ser usado, pero siendo un poco más flojo en el área de protección contra errores de usuario.

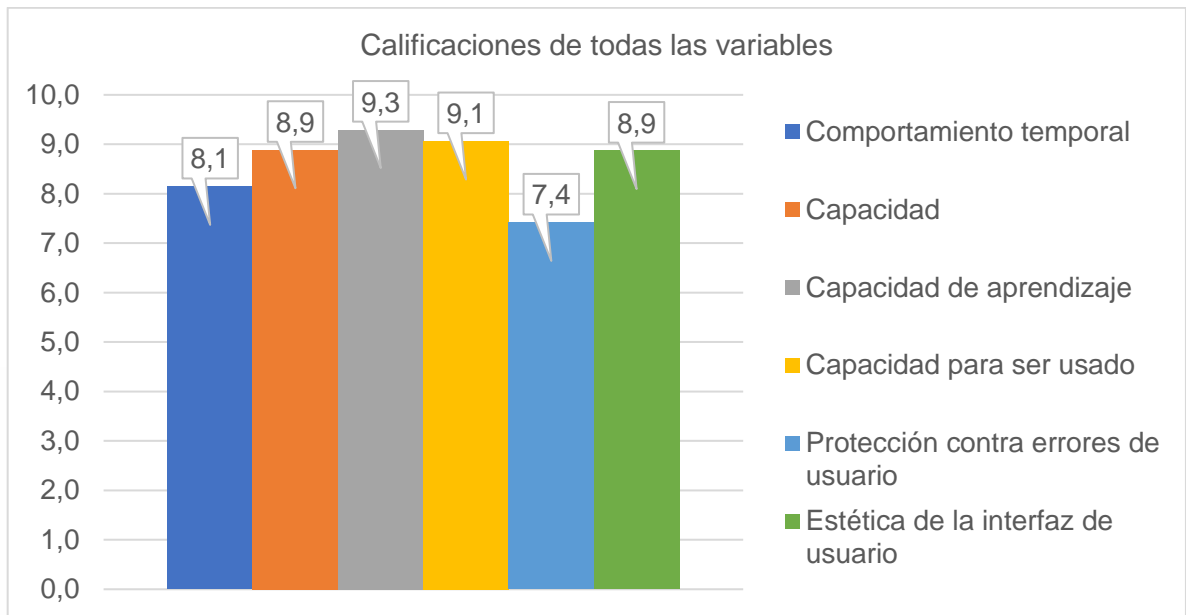


Figura 79. Grafica de barras para la Calificaciones de todos los factores en la prueba piloto

Además, al final de la encuesta aplicada se colocó una pregunta la cual cuestionaba de forma directa al usuario, en su opinión que calificación merecía el aplicativo mostrado y al igual que los factores esta respuesta fue promediada resultado un valor de 8.4 ($8.0 \leq 8.4 \leq 9.4$), siendo este no muy diferente de la media general obtenida de todos los factores con un total de 8.6, ambos valores entrando dentro del rango de una calificación *Muy buena*.

5.1.5. Marcas de tiempo

Una vez concluida la prueba piloto, y haber analizado el desempeño de la herramienta de evaluación, es importante visualizar los tiempos que los usuarios tardaron en contestarla, para así tener una estimación de este para las próximas aplicaciones que puedan hacerse.

Para el caso de esta prueba piloto, se midieron los tiempos de comienzo y finalización al contestar la encuesta de calidad en todos los usuarios, descartando los tiempos de las capturas que se desecharon al momento de limpiar los datos, en base a esto se calculó la siguiente tabla, la número 26.

Tabla 26. Estadísticos de los tiempos aceptados en la prueba piloto

| Estadísticos de los tiempos aceptados | |
|---------------------------------------|---------|
| Promedio | 0:26:04 |
| Máximo | 9:14:24 |
| Mínimo | 0:02:40 |

Revisando los valores arrojados es evidente que ocurrió algo extraño con el tiempo máximo que se capturo ya que fue de 9 horas con 14 minutos, tiempo exageradamente alto a comparación con el los demás registrados, razón por la cual este tiempo será retirado de este análisis. Cabe señalar que a pesar de su exagerado tiempo la encuesta fue contestada al completo por lo que lo una posible razón para este tiempo sea que el usuario olvidara cerrar la encuesta una vez que la termino, por lo que sus respuestas si fueron consideradas para los análisis de confiabilidad realizados.

De forma similar al caso anterior, se presentó otro tiempo que a simple vista resalta, en esta ocasión con una duración de 58 minutos y lo curioso de este usuario es que esta registrado que abrió el cuestionario de calidad al principio de la sesión de explicación de uso del software y no al final de esta, como el resto de los usuarios del grupo, por esta razón también es descartado este tiempo ya que no representa un tiempo real. En este caso también se contestó la encuesta de forma completa por lo que si se usaron sus respuestas en los análisis anteriores.

Además, se eliminaron los tiempos que eran extremadamente bajos, siendo los de 2 minutos con 40 segundos y 2 minutos con 50 segundos, aun así, también sus respuestas fueron consideradas para los análisis, debido a que el tiempo no se consideró como factor al momento de limpiar los datos.

Realizando las adecuaciones mencionadas se genera una nueva tabla con los estadísticos de los tiempos, misma que esta plasmada en la numero 27.

Tabla 27. Estadísticos de los tiempos aceptados (Corregido) en la prueba piloto

| Estadísticos de los tiempos aceptados (Corregido) | |
|---|---------|
| Promedio | 0:12:53 |
| Máximo | 0:24:05 |
| Mínimo | 0:04:29 |

Con las correcciones realizadas se puede visualizar que el tiempo máximo en que los usuarios tardaron para contestar la encuesta fue de 24 minutos con 5 segundos y el mínimo de 4 minutos con 29 segundos siendo estos valores mucho más acercados a la realidad, por lo que el promedio de los tiempos registrados es de 12 minutos con 53 segundos.

5.2. Valoración por los usuarios objetivo

Con la finalidad de contar con valores reales respecto al producto realizado se aplicó la herramienta de evaluación de calidad al público objetivo al que va dirigida la aplicación, siendo este el de trabajadores del campo principalmente en el área de cultivo de alimentos.

De acuerdo con documentación revisada (Kline, 2014), es recomendable que se cuente con un total de diez observaciones por cada una de los factores que se utilizan en la herramienta de evaluación, por lo que al contar con un total de seis factores lo recomendable sería que se contara con una muestra de sesenta observaciones registradas para el estudio, sin embargo debido a los tiempos de entrega y factores externos que no se pueden controlar, en esta ocasión se optó por utilizar solo la mitad, es decir treinta observaciones para evaluar la calidad del producto.

5.2.1. Descripción de la muestra

Se aplicó la herramienta de evaluación a usuarios con el perfil del público objetivo, de los cuales se consiguió recuperar un total de 32 encuestas, de estas fue rechazada sola una debido a que se encontraba incompleta representando tan solo el 3.1% del total de datos adquiridos, por lo que para este análisis solo se consideraron 31 encuestas, es decir el 96.9% de los datos recaudados, volviéndose este el tamaño de nuestra muestra, ver tabla 28 y figura 80.

Tabla 28. Tamaño de la muestra con los usuarios objetivo

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|------------|------------|------------|
| Correctos | 31 | 96.9% |
| Rechazados | 1 | 3.1% |
| Total | 32 | 100.0% |

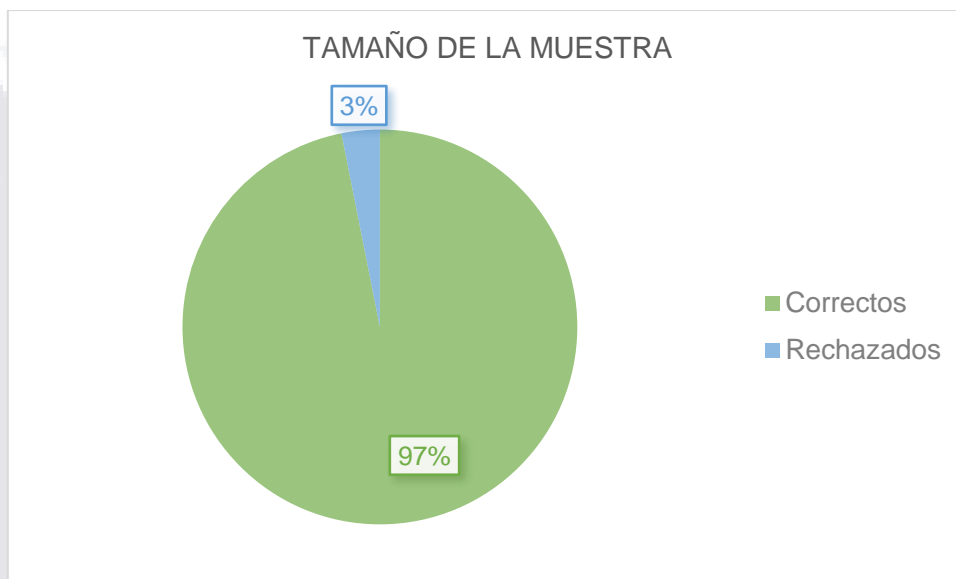


Figura 80. Gráfico de pastel que representa el tamaño de la muestra de los usuarios objetivo

Del total de la muestra aceptada se sabe que el pico de edad en los encuestados se encuentra entre los 35 y 44 años, pero contando con representantes de casi todos los rangos excepto menores de 18 años, ver tabla 29 y figura 81.

Tabla 29. Edad de los encuestados de los usuarios objetivo

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|------------------|------------|------------|
| Menor de 18 años | 0 | 0.0% |
| De 18 a 24 años | 5 | 16.1% |
| De 25 a 34 años | 7 | 22.6% |
| De 35 a 44 años | 12 | 38.7% |
| De 45 a 54 años | 3 | 9.7% |
| Mas de 54 años | 4 | 12.9% |

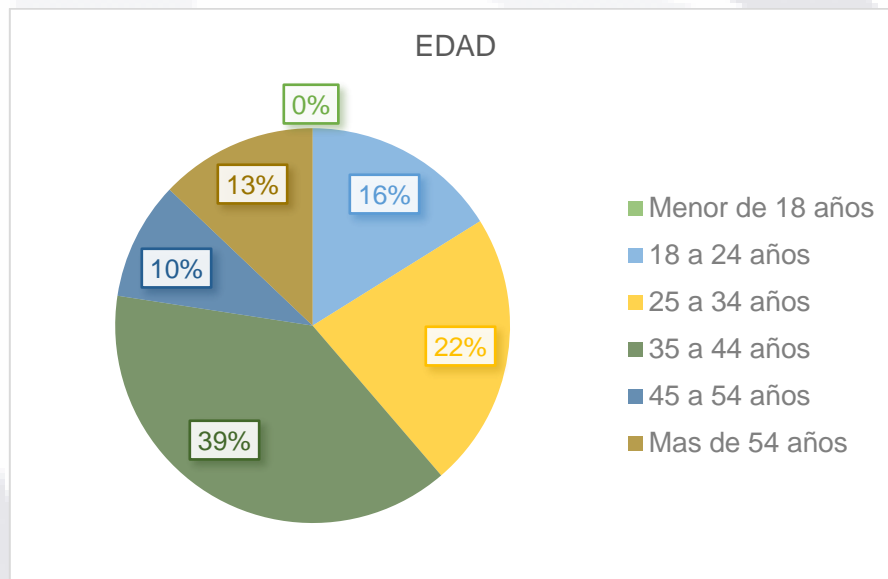


Figura 81. Gráfico de pastel que representa la edad de los usuarios objetivo

Respecto a la identidad de género es adecuado mencionar que la encuesta que contestada en su mayoría por personas que se identifican con género masculino siendo un total del 90.3% del total, ver tabla 30, seguido por el femenino con un 9.7%, estos datos se pueden visualizar en la figura 82.

Tabla 30. Género con el cual se identifica de los usuarios objetivo

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-------------------------|------------|------------|
| Femenino | 3 | 9.7% |
| Masculino | 28 | 90.3% |
| Otro | 0 | 0.0% |
| Preferiría no contestar | 0 | 0.0% |

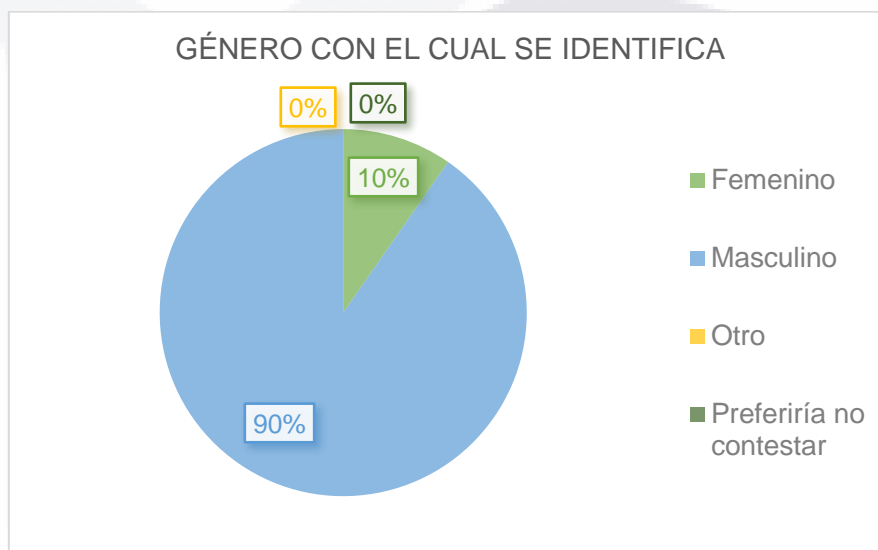


Figura 82. Gráfico de pastel que representa el género con el cual se identifica de los usuarios objetivo

Dentro de la cuestión relacionada con el último nivel de escolaridad terminado podemos percatarnos que la mayoría se encuentra entre la secundaria y el bachillerato, teniendo estos un valor del 38.7% cada uno, ver tabla 31 y figura 83.

Tabla 31. Último nivel de escolaridad terminado de los usuarios objetivo

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-------------------------|------------|------------|
| Sin estudios | 2 | 6.5% |
| Primaria | 2 | 6.5% |
| Secundaria | 12 | 38.7% |
| Bachillerato | 12 | 38.7% |
| Licenciatura | 3 | 9.7% |
| Posgrado | 0 | 0.0% |
| Preferiría no contestar | 0 | 0 |

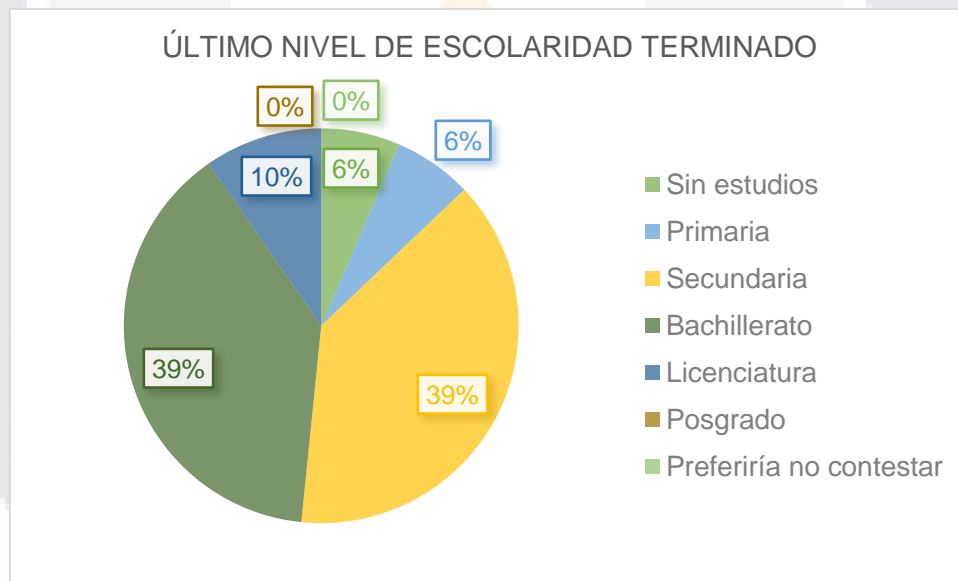


Figura 83. Gráfica de pastel que representa el último nivel de escolaridad terminado de los usuarios objetivo

En relación con la experiencia en el uso de la computadora, ver tabla 32, podemos destacar que la mayoría de los encuestados se consideran que poseen poca experiencia con valor 38.7%, y este valor va disminuyendo gradualmente conforme avanza el nivel de experiencia, ver figura 84.

Tabla 32. Experiencia con el uso de las computadoras de los usuarios objetivo

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-----------|------------|------------|
| Ninguna | 2 | 6.5% |
| Poca | 12 | 38.7% |
| Regular | 9 | 29.0% |
| Adecuada | 7 | 22.6% |
| Excelente | 1 | 3.2% |

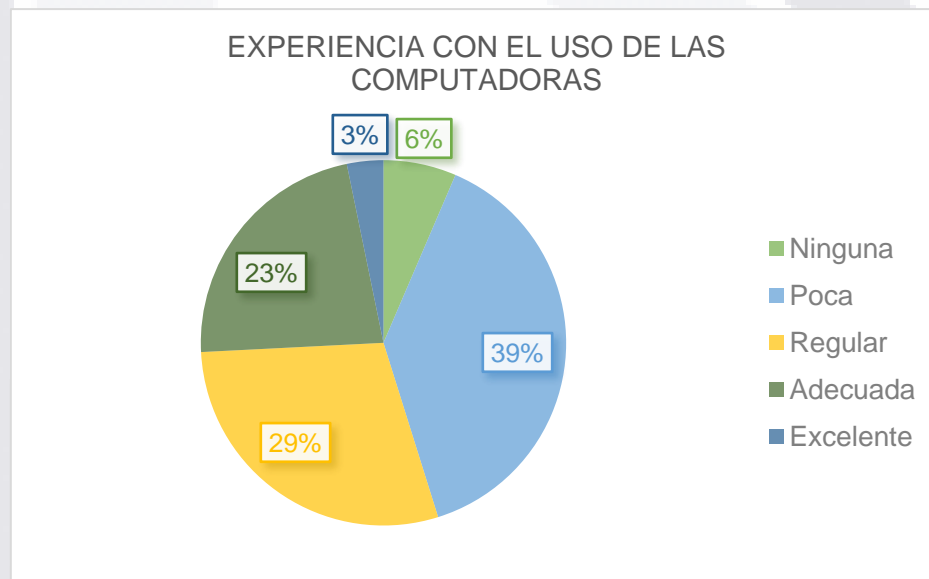


Figura 84. Grafica de pastel que representa la experiencia con el uso de las computadoras de los usuarios objetivo

En el apartado de experiencia con el uso de los dispositivos móviles, ver tabla 33, podemos destacar que la mayoría de los encuestados consideran que tienen poca con un total de 38.7% y este valor va decreciendo conforme avanza el nivel de experiencia, ver figura 85.

Tabla 33. Experiencia con el uso de los dispositivos móviles de los usuarios objetivo

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-----------|------------|------------|
| Ninguna | 2 | 6.5% |
| Poca | 12 | 38.7% |
| Regular | 9 | 29.0% |
| Adecuada | 7 | 22.6% |
| Excelente | 1 | 3.2% |

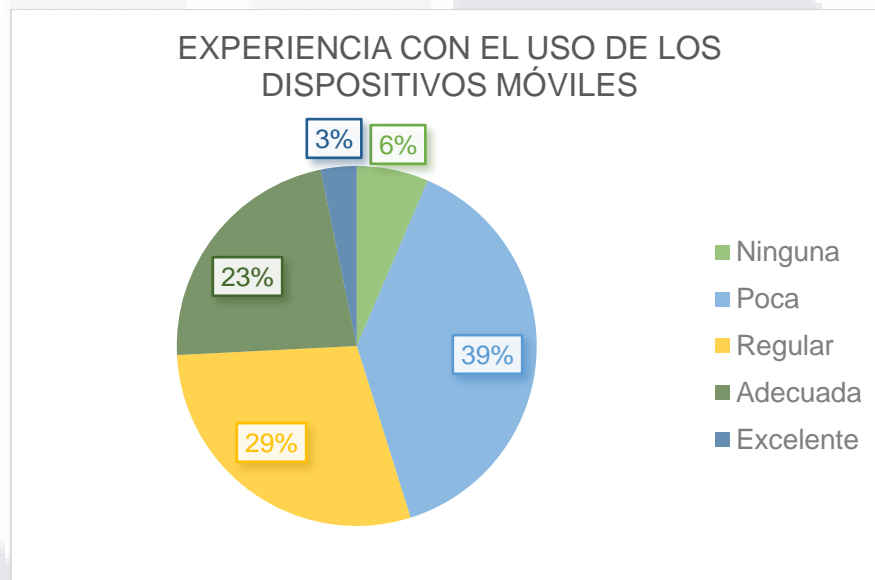


Figura 85. Gráfica de pastel que representa la experiencia con el uso de los dispositivos móviles de los usuarios objetivo

En el apartado de experiencia con el uso de internet, ver tabla 34, podemos destacar que la mayoría de los encuestados consideran que tienen poca con un total de 38.7% y este valor va decreciendo conforme avanza el nivel de experiencia, ver figura 86.

Tabla 34. Experiencia con el uso de Internet de los usuarios objetivo

| Campo | Núm. Datos | Porcentaje |
|-----------|------------|------------|
| Ninguna | 2 | 6.5% |
| Poca | 12 | 38.7% |
| Regular | 9 | 29.0% |
| Adecuada | 7 | 22.6% |
| Excelente | 1 | 3.2% |

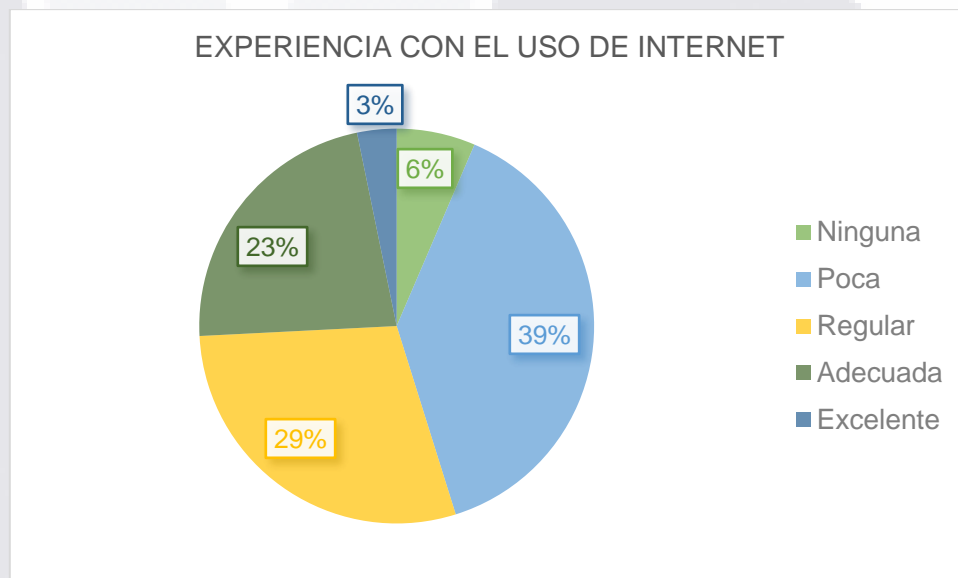


Figura 86. Gráfica de pastel que representa la experiencia con el uso de Internet de los usuarios objetivo

5.2.2. Análisis de datos

Se realizó un análisis para cada una de las variables medidas con el cuestionario de calidad, omitiendo las variables demográficas que vimos en el punto anterior. Para tal efecto, se realizó un Análisis de Dispersión y Medidas de Tendencia Central.

De forma general, para todas las variables analizadas se definió una escala (Ver Tabla 35) para evaluar la calidad del producto, colocando un rango de 95% o más como óptimo, el cual es el estándar utilizado como mínimo en la industria. Cada característica evaluada se comparará con cada rango de valores, y se asignará un valor de calidad relativa.

Tabla 35. Rango de valores para interpretar la calidad de la aplicación

| Valor de la media | Interpretación |
|---------------------------|----------------|
| Superior a 9.5 | Óptimo |
| Mayor a 8.0 y menor a 9.4 | Muy bueno |
| Mayor a 6.5 y menor a 7.9 | Buena |
| Mayor a 5.0 y menor a 6.4 | Mediocre |
| Mayor a 3.5 y menor a 4.9 | Mala |
| Mayor a 2.0 y menor a 3.4 | Muy mala |
| Menor de 1.9 | Pésima |

Adicionalmente, para cada atributo se realizó un histograma de frecuencias. Este mostrará si la distribución muestra es o no asimétrica. Para el presente estudio se desea que cada uno de ellos lo muestre en los valores más altos, especialmente a partir del 95% de la calidad definida como Óptima.

A continuación, se analiza de manera particular cada variable (característica) definida previamente en la Sección 4.6.1. Modelo de calidad.

5.2.2.1. Comportamiento temporal

El factor de comportamiento temporal se encarga de evaluar los tiempos de respuesta y procesos de ciertos elementos claves del sistema y se compone por tres variables tiempo de respuesta de los elementos en pantalla, tiempo de transición entre pantallas y tiempo de carga de contenido.

5.2.2.1.1. Tiempo de respuesta de los elementos en pantalla

La tabla 32 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.065) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el *Tiempo de respuesta de los elementos en pantalla* es *Muy bueno* ($8.0 \leq 9.065 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 5%.

Tabla 36. Análisis estadístico descriptivo para la variable tiempo de respuesta de los elementos en pantalla

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.065 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 9.0 |
| Desviación estándar | .7718 |
| Asimetría | -.114 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -1.267 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 87), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un *Tiempo de respuesta Muy bueno*, pero sin llegar al *Óptimo*.

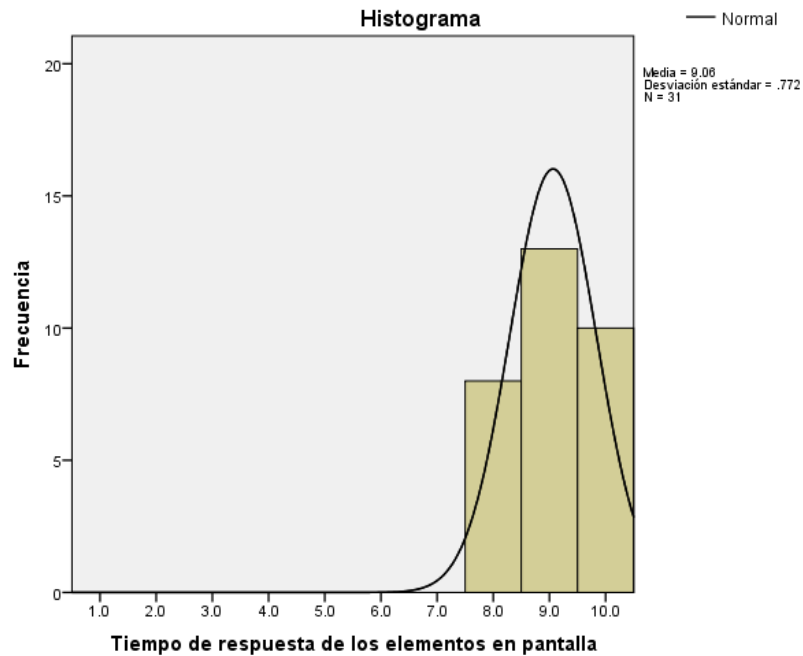


Figura 87. Histograma para la variable tiempo de respuesta de los elementos en pantalla

Finalmente, es importante mencionar que la percepción del *tiempo de respuesta* de los elementos no depende solo del sistema, si no también se encuentra influenciado por la infraestructura del dispositivo que la ejecute, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser mejorar la infraestructura que ejecuta el aplicativo.

5.2.2.1.2. Tiempo de transición entre pantallas

La tabla 37 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.161) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el Tiempo de transición entre pantallas es *Muy bueno* ($8.0 \leq 9.161 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 4%.

Tabla 37. Análisis estadístico descriptivo para la variable tiempo de transición entre pantallas

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|-------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.161 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 9.0 |
| Desviación estándar | .8204 |
| Asimetría | -.703 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.012 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 88), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un *Tiempo de transición entre pantallas Muy bueno*, pero sin llegar al *Óptimo*.

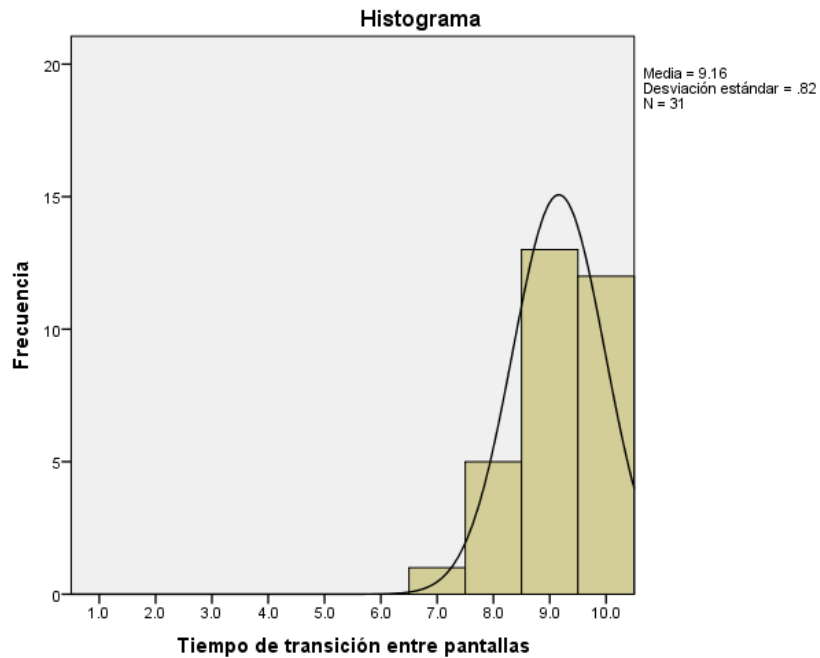


Figura 88. Histograma para la variable tiempo de transición entre pantallas

Finalmente, es importante mencionar que la percepción del *Tiempo de transición entre pantallas* no solo depende de la fluidez del aplicativo, si no también está limitado por la infraestructura del dispositivo que ejecute la aplicación, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser mejorar la infraestructura que ejecuta el aplicativo.

5.2.2.1.3. Tiempo de carga de contenido

La tabla 38 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.097) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el *Tiempo de carga de contenido* es *Muy bueno* ($8.0 \leq 9.097 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 5%.

Tabla 38. Análisis estadístico descriptivo para la variable tiempo de carga de contenido

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|-------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.097 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 9.0 |
| Desviación estándar | .6509 |
| Asimetría | -.093 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.475 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 89), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un *Tiempo de carga de contenido Muy bueno*, pero sin llegar al *Óptimo*.

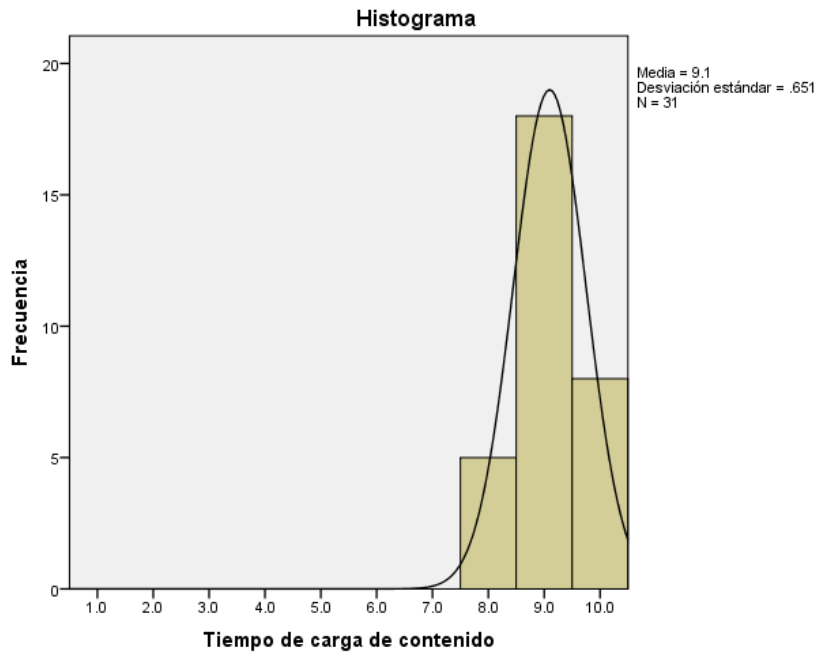


Figura 89. Histograma para la variable tiempo de carga de contenido

Finalmente, es importante mencionar que la percepción del tiempo de carga del contenido en pantalla no depende únicamente de la calidad del aplicativo desarrollado, si no, también se ve influenciado por la infraestructura del dispositivo así como por la velocidad de la red, debido a que esta se ocupa para realizar las consultas a la base de datos, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser mejorar la infraestructura que ejecuta el aplicativo así como aumentar la velocidad de la red donde se ejecuta el producto.

5.2.2.2. Capacidad

El factor de Capacidad se encarga de medir que tanto los límites de un parámetro pueden satisfacer al usuario y este se compone de cinco variables las cuales son Cantidad de variables para administrar el invernadero, Precisión de la temperatura, Precisión de la humedad, Precisión de la iluminación y Cantidad de vegetales para usar en el invernadero.

5.2.2.2.1. Cantidad de variables para administrar el invernadero

La tabla 39 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.290) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la *Cantidad de variables para administrar el invernadero* es *Muy bueno* ($8.0 \leq 9.290 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 3%.

Tabla 39. Análisis estadístico descriptivo para la variable de cantidad de variables para administrar el invernadero

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.290 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .9379 |
| Asimetría | -.896 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.613 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 90), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una *Cantidad de variables Muy buena*, pero sin llegar al *Óptimo*.

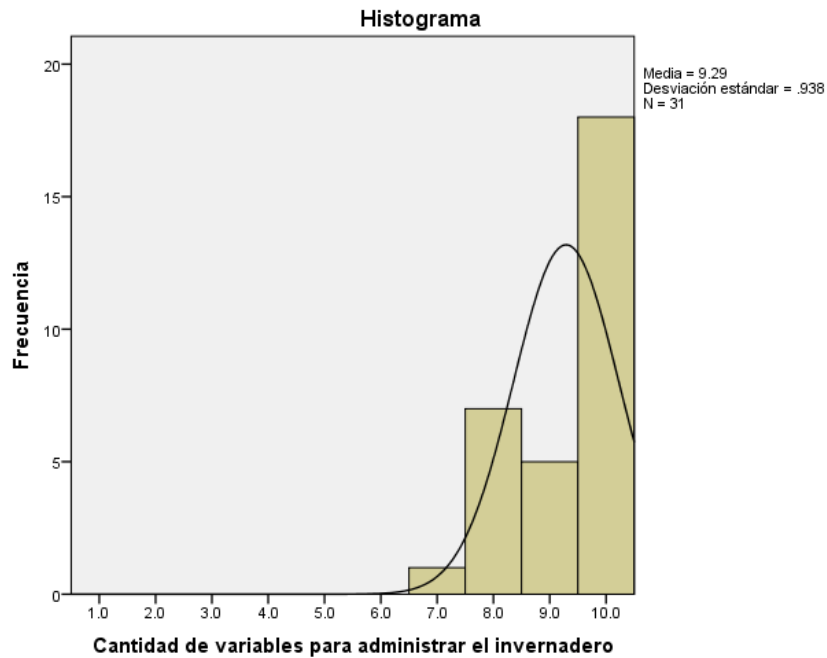


Figura 90. Histograma para la variable de cantidad de variables para administrar el invernadero

Finalmente, es importante mencionar para la *Cantidad de variables para administrar el invernadero* una posible solución podría ser agregar alguna otra variable para medir dentro del invernadero.

5.2.2.2.2. Precisión de la temperatura

La tabla 40 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.581) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la *Precisión de la temperatura* es Óptima ($9.5 \geq 9.581$).

Tabla 40. Análisis estadístico descriptivo para la variable precisión de la temperatura

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.581 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .6204 |
| Asimetría | -1.221 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | .557 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 91), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una *Precisión de la temperatura Óptima*.

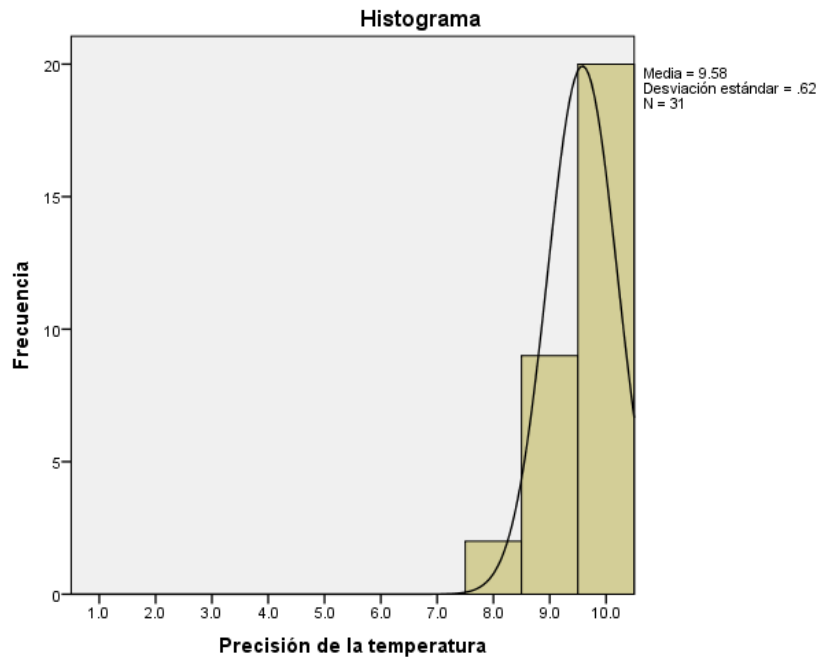


Figura 91. Histograma para la variable precisión de la temperatura

Finalmente, es importante mencionar que la *Precisión de la temperatura* se encuentra dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.2.3. Precisión de la humedad

La tabla 40 muestra el análisis estadístico. Usando la media (8.968) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la *Precisión de la humedad* es *Muy buena* ($8.0 \leq 8.968 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 6%.

Tabla 41. Análisis estadístico descriptivo para la variable precisión de la humedad

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 8.968 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | 1.5162 |
| Asimetría | -2.027 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 4.033 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 6.0 |
| Mínimo | 4.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 92), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una *Precisión de la humedad Muy buena*, pero sin llegar al *Óptimo*.

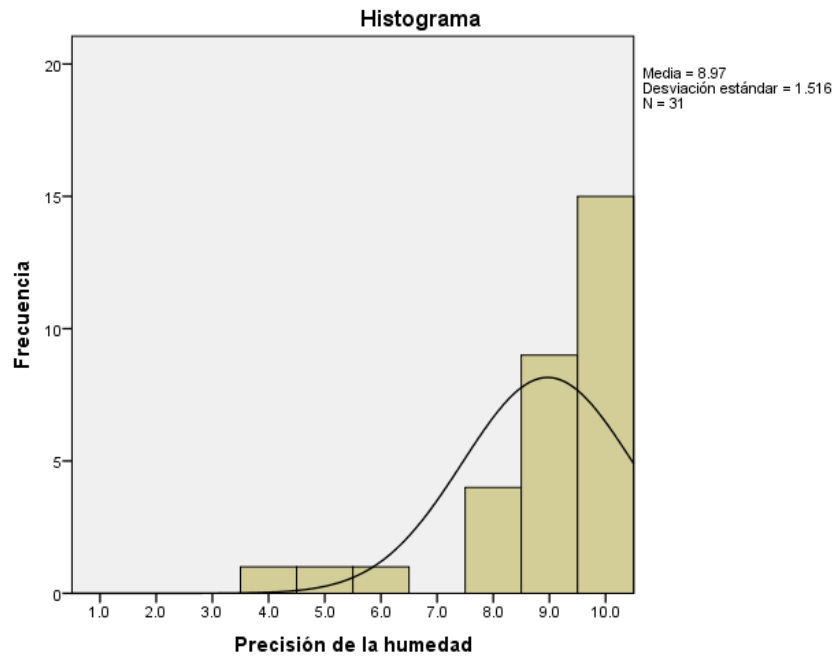


Figura 92. Histograma para la variable tiempo de respuesta de los elementos en pantalla

Finalmente, al el tener una calificación tan baja en algunas encuestas y revisando los comentarios dejados por los usuarios podemos percatarnos que algunos no están familiarizados con medir la humedad y se limitan solo a regar los cultivos, por lo que también la falta de esta cultura pudo llegar a influenciar las respuestas, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser capacitar al usuario mediante unas pantallas o un video dentro del aplicativo.

5.2.2.2.4. Precisión de la iluminación

La tabla 42 muestra el análisis estadístico. Usando la media (8.935) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Precisión de la iluminación es Muy buena ($8.0 \leq 8.935 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 6%.

Tabla 42. Análisis estadístico descriptivo para la variable tiempo de respuesta de los elementos en pantalla

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 8.935 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | 1.3400 |
| Asimetría | -1.652 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 3.038 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 5.0 |
| Mínimo | 5.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 93), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una *Precisión de la iluminación Muy buena*, pero sin llegar al *Óptimo*.

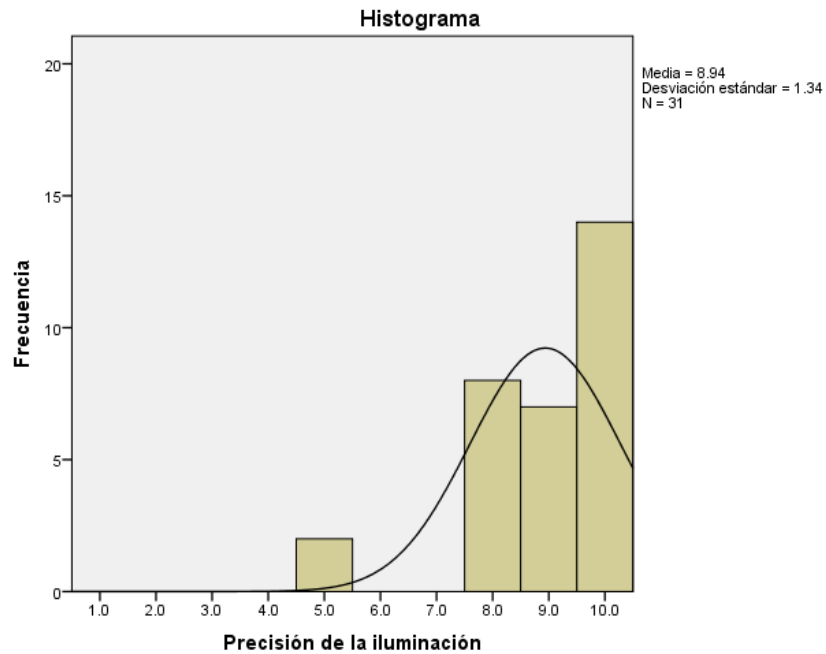


Figura 93. Histograma para e la variable precisión de la iluminación

Finalmente, revisando los comentarios que dejaron los usuarios podemos notar que algunos tienen dificultad para medir la iluminación en unidades y por esa razón se les dificulta interpretar este valor, por lo que una posible solución para aumentar esta calificación y alcanzar el óptimo podría ser simplificar este sistema de medición que se tiene en unidades y cambiarlo por otro más de conocimiento del público objetivo.

5.2.2.2.5. Cantidad de vegetales para usar en el invernadero

La tabla 43 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.581) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Cantidad de vegetales para usar en el invernadero es Óptima ($9.5 \leq 9.581$).

Tabla 43. Análisis estadístico descriptivo para la variable cantidad de vegetales para usar en el invernadero

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.581 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .6720 |
| Asimetría | -1.370 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | .702 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 94), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una Cantidad de vegetales para usar en el invernadero es Óptima, pero sin llegar al Óptimo.

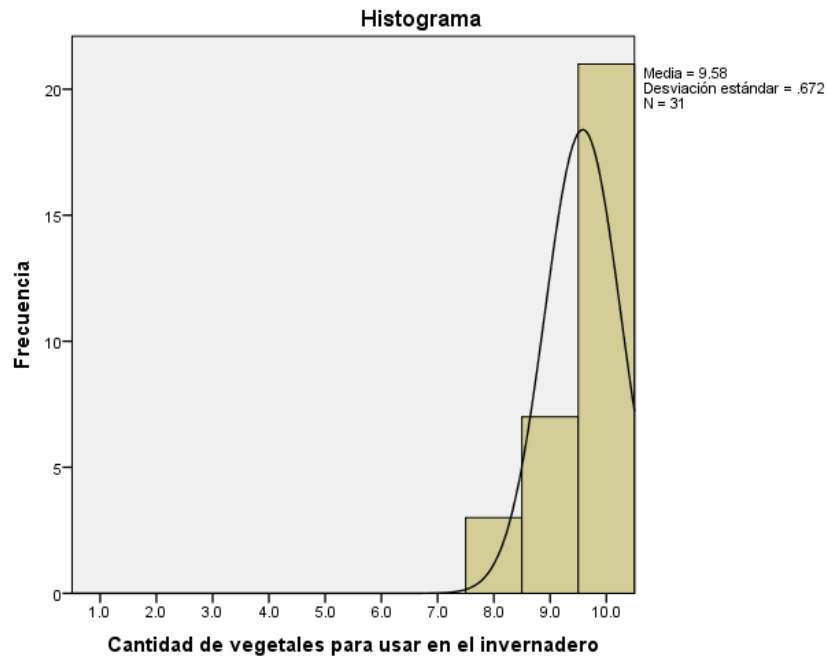


Figura 94. Histograma para la variable cantidad de vegetales para usar en el invernadero

Finalmente, es importante mencionar que la Cantidad de vegetales para usar en el invernadero se encuentra dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.3. Capacidad de aprendizaje

El factor de capacidad de aprendizaje se encarga de evaluar la facilidad que existe de aprender a usar la aplicación, y esta cuenta con las variables de Iconos reconocibles, Lenguaje utilizado, Numero de clic para realizar una acción y Constancia entre las páginas.

5.2.2.3.1. Iconos reconocibles

La tabla 44 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.581) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), los Iconos reconocibles son Óptimos ($9.5 \leq 9.581$).

Tabla 44. Análisis estadístico descriptivo para la variable iconos reconocibles

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.581 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .6720 |
| Asimetría | -1.370 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | .702 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 95), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con Iconos reconocibles Óptimos.

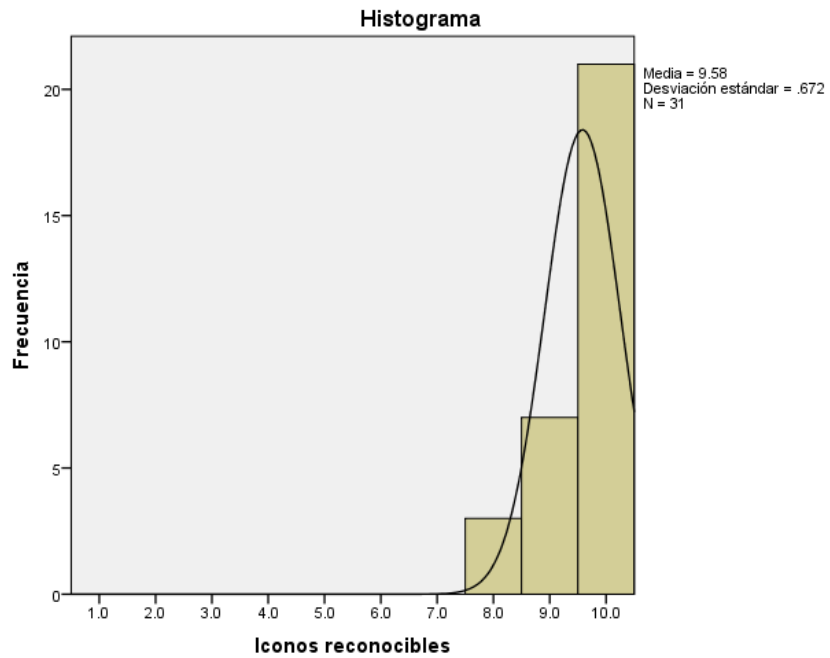


Figura 95. Histograma para la variable iconos reconocibles

Finalmente, es importante mencionar que los Iconos reconocibles se encuentran dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.3.2. Lenguaje utilizado

La tabla 45 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.645) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el Lenguaje utilizado es Óptimo ($9.5 \leq 9.645$).

Tabla 45. Análisis estadístico descriptivo para la variable lenguaje utilizado

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.645 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .7549 |
| Asimetría | -2.271 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 4.785 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 96), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un Lenguaje *Óptimo*.

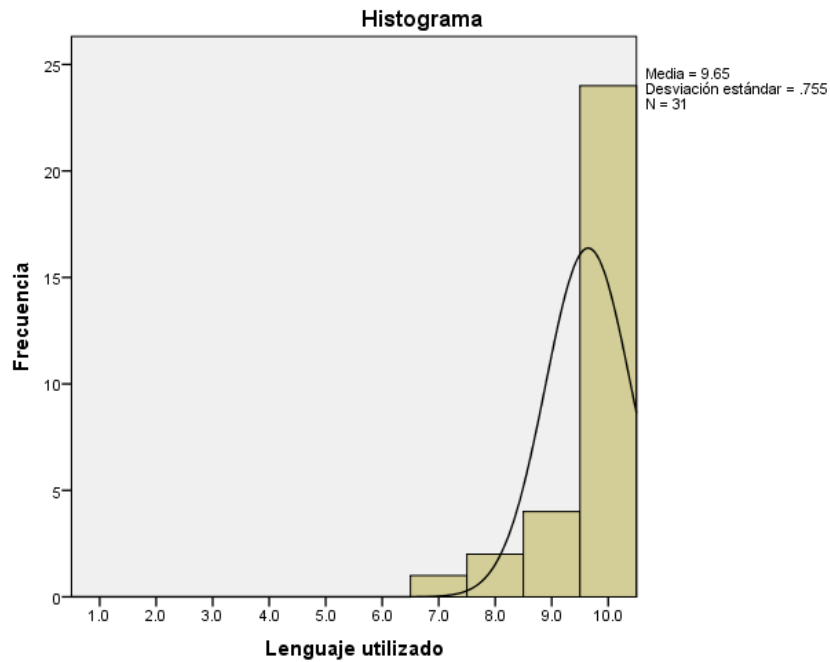


Figura 96. Histograma para la variable de lenguaje utilizado

Finalmente, es importante mencionar que el Lenguaje utilizado se encuentra dentro del rango Óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.3.3. Número de clic para realizar una acción

La tabla 46 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.484) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el Número de clic para realizar una acción es Muy bueno ($8.0 \leq 9.484 \leq 9.499$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 0.2%.

Tabla 46. Análisis estadístico descriptivo para la variable número de clic para realizar una acción

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.484 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .7244 |
| Asimetría | -1.628 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 3.300 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 97), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un Número de clic para realizar una acción Muy bueno, pero sin llegar al *Óptimo*.

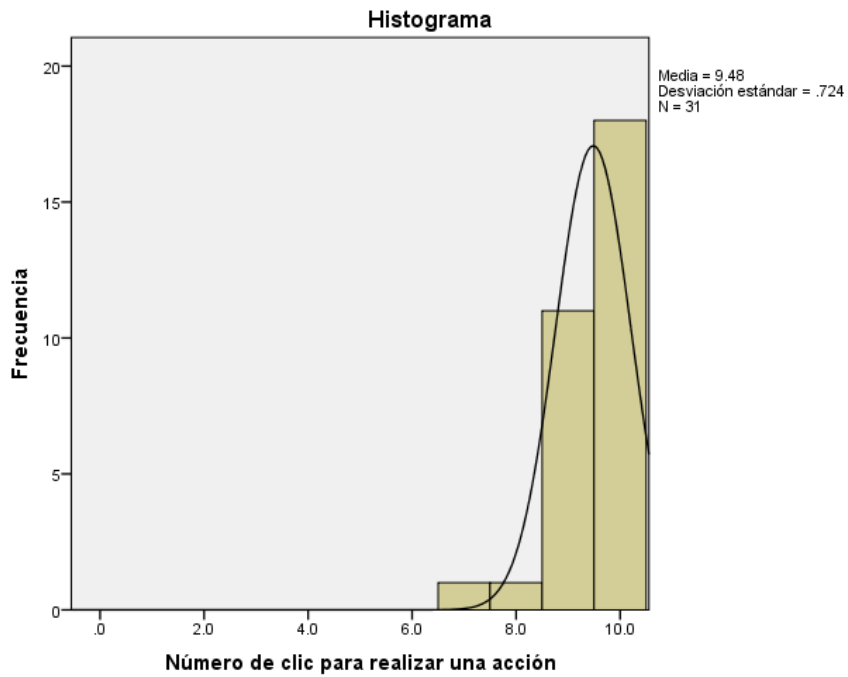


Figura 97. Histograma para la variable número de clic para realizar una acción

Finalmente, es importante mencionar que la Número de clic para realizar una acción se encuentra dentro del rango Muy bueno, pero al estar a solo 0.2% del Óptimo buscado para el aplicativo, no consideramos necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.3.4. Constancia entre las páginas

La tabla 47 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.581) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Constancia entre las páginas es Óptima ($9.5 \leq 9.581$).

Tabla 47. Análisis estadístico descriptivo para la variable de constancia entre las paginas

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.581 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .7199 |
| Asimetría | -2.020 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 4.581 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 98), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una Constancia entre las páginas *Óptima*.

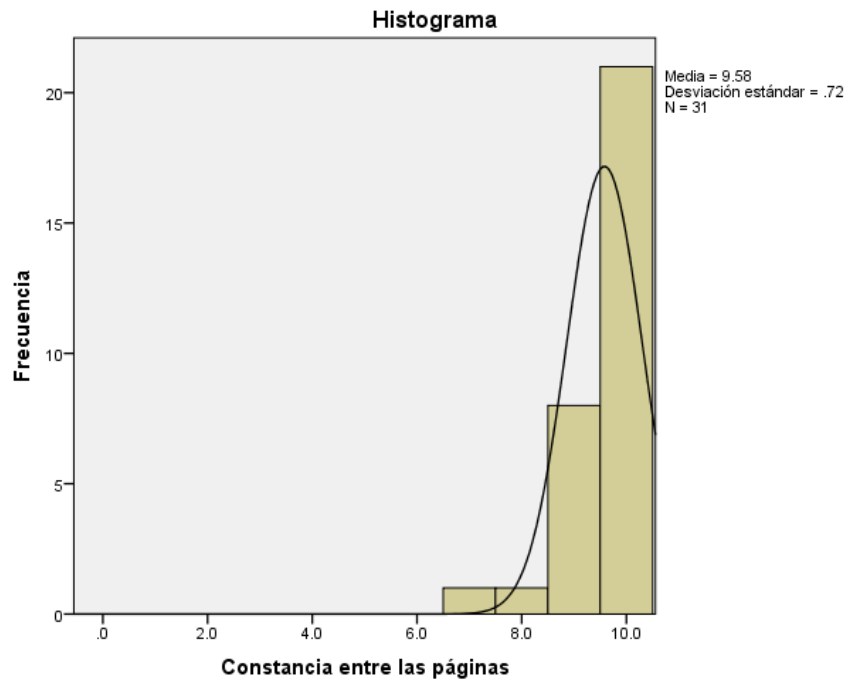


Figura 98. Histograma para la variable constancia entre las paginas

Finalmente, es importante mencionar que la Constancia entre las páginas se encuentra dentro del rango Óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.4. Capacidad para ser usado

El factor de capacidad para ser usado se encarga de evaluar la facilidad que tiene el aplicativo para ser usado y cuenta con las siguientes variables, Interfaces fáciles de entender, Facilidad de uso, Facilidad de realizar acciones, y Flujo de pantallas lógico.

5.2.2.4.1. Interfaces fáciles de entender

La tabla 48 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.323) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), las Interfaces fáciles de entenderes son Muy buenas ($8.0 \leq 9.323 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 2%.

Tabla 48. Análisis estadístico descriptivo para la variable de interfaces fáciles de entender

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.323 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | 1.0766 |
| Asimetría | -2.418 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 7.745 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 5.0 |
| Mínimo | 5.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 99), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con unas *Interfaces fáciles de entenderes Muy buenas*, pero sin llegar al *Óptimo*.

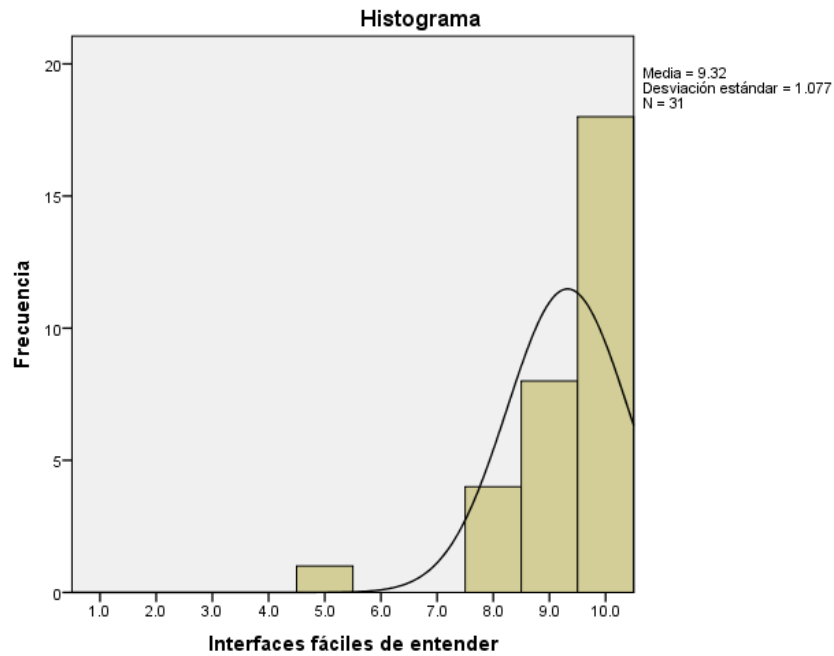


Figura 99. Histograma para la variable interfaces fáciles de entender

Finalmente, es importante mencionar que unas interfaces fáciles de entender no dependen solo del sistema, este resultado también puede estar influenciado por la experiencia del usuario en el uso de tecnología, como se puede notar en el análisis demográfico, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser tratar de simplificar más las interfaces.

5.2.2.4.2. Facilidad de uso

La tabla 49 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.645) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Facilidad de uso es Óptima ($9.5 \leq 9.645$).

Tabla 49. Análisis estadístico descriptivo para la variable facilidad de uso

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.645 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .6607 |
| Asimetría | -1.689 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 1.634 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 100), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una Facilidad de uso Muy buena, pero sin llegar al *Óptimo*.

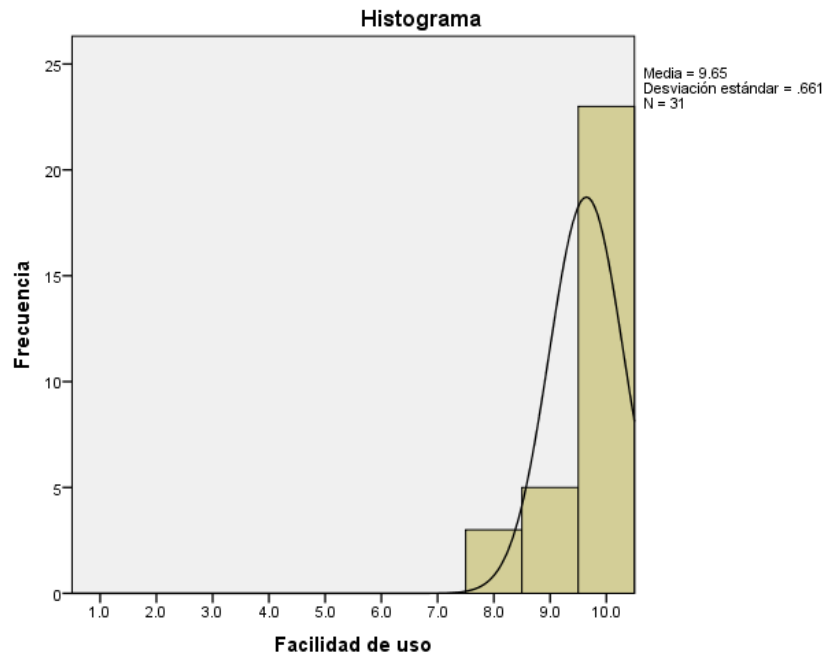


Figura 100. Histograma para la variable facilidad de uso

Finalmente, es importante mencionar que la Facilidad de uso se encuentra dentro del rango *Óptimo* buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.4.3. Facilidad de realizar acciones

La tabla 50 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.452) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Facilidad de realizar acciones es Muy buena ($8.0 \leq 9.452 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 0.5%.

Tabla 50. Análisis estadístico descriptivo para la variable facilidad de realizar acciones

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.452 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .7676 |
| Asimetría | -1.481 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 2.193 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 101), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una *Facilidad de realizar acciones Muy buenas*, pero sin llegar al *Óptimo*.

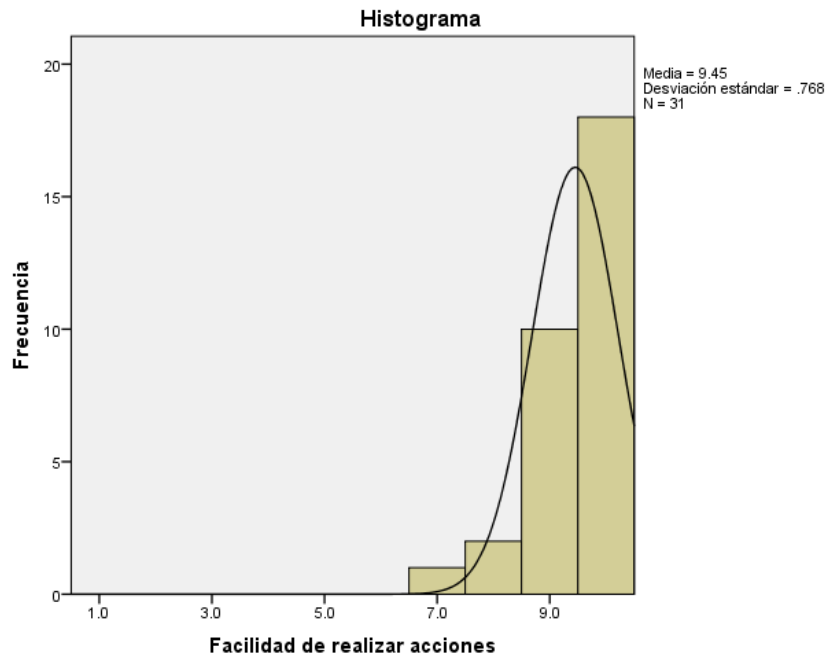


Figura 101. Histograma para la variable facilidad de realizar acciones

Finalmente, es importante mencionar que la *Facilidad de realizar acciones* casi se encuentran dentro del rango *Óptimo* buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.4.4. Flujo de pantallas lógico

La tabla 48 muestra el análisis estadístico. Usando la media (8.613) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el Flujo de pantallas lógico es Muy bueno ($8.0 \leq 8.613 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 9%.

Tabla 51. Análisis estadístico descriptivo para la variable flujo de pantallas lógico

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 8.613 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | 1.6669 |
| Asimetría | -.949 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.407 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 5.0 |
| Mínimo | 5.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 102), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un Flujo de pantallas lógico Muy bueno, pero sin llegar al Óptimo.

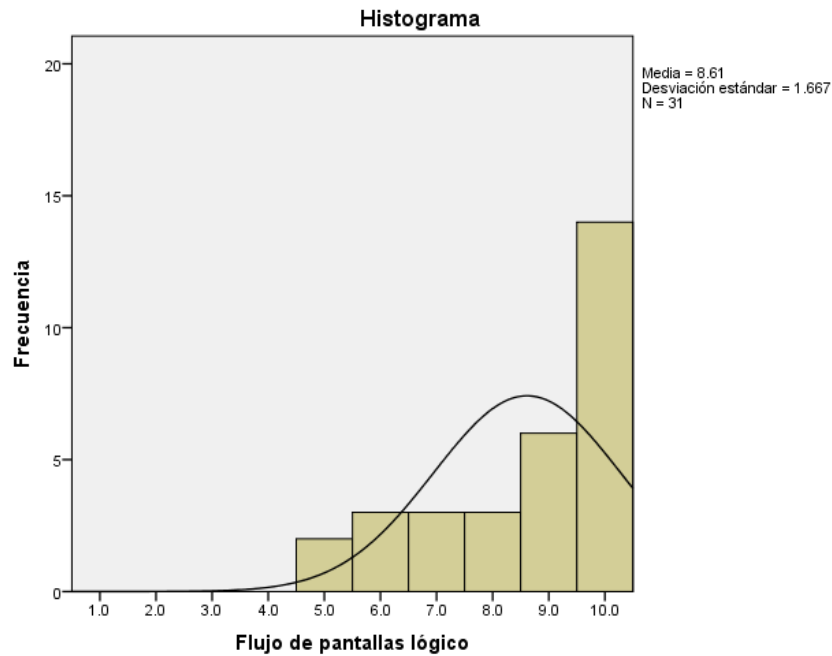


Figura 102. Histograma para la variable flujo de pantallas lógico

Finalmente, es importante mencionar que el flujo de pantallas lógico no depende solo del sistema, si no también se encuentra influenciado por la cantidad de experiencia que tenga el usuario con el uso de dispositivos móviles, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser cambiar la barra del menú lateral y sustituirla por botones comunes debido a que estas cuando más de una confusión entre los usuarios.

5.2.2.5. Protección contra errores de usuario

El factor de protección contra errores de usuario se encarga de evaluar la capacidad del sistema para evitar que el usuario se equivoque y si ocurre orientarlo para que lo solucione y se compone de las siguientes variables, Preguntas de confirmación de acciones, Claridad en los mensajes de error, Mensajes de error entendibles, Sugerencia de como llenar los datos y Recuperación de errores.

5.2.2.5.1. Preguntas de confirmación de acciones

La tabla 52 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.581) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), las Preguntas de confirmación de acciones son Óptimas ($9.5 \leq 9.581$).

Tabla 52. Análisis estadístico descriptivo para la variable preguntas de confirmación de acciones

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.581 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .5642 |
| Asimetría | -.933 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.077 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 103), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con *Preguntas de confirmación de acciones Óptimas*.

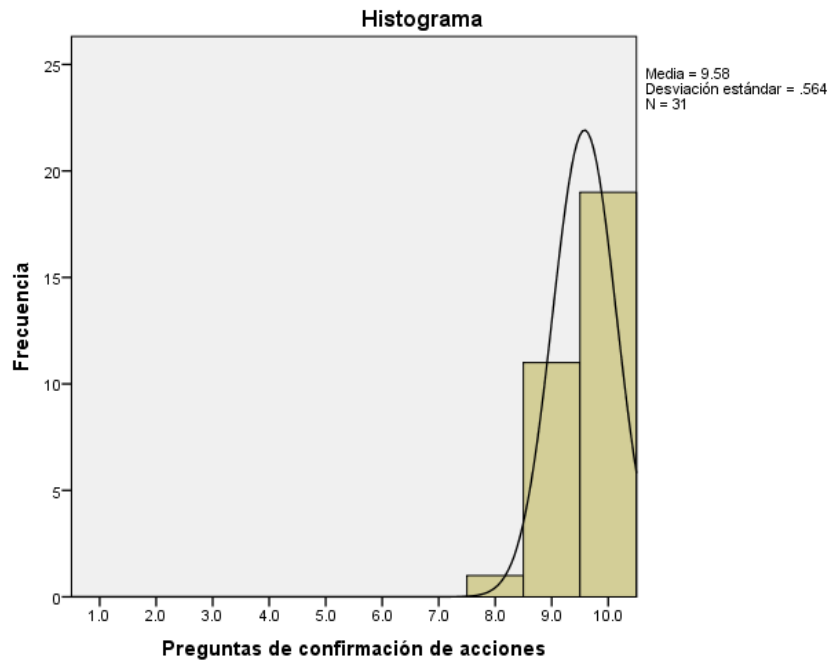


Figura 103. Histograma para la variable preguntas de confirmación de acciones

Finalmente, es importante mencionar que las Preguntas de confirmación de acciones se encuentra dentro del rango Óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.5.2. Claridad en los mensajes de error

La tabla 53 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.355) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Claridad en los mensajes de error es Muy buena ($8.0 \leq 9.355 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 2%.

Tabla 53. Análisis estadístico descriptivo para la variable claridad en los mensajes de error

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.355 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .7549 |
| Asimetría | -1.208 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 1.727 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 104), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una Claridad en los mensajes de error Muy buena, pero sin llegar al *Óptimo*.

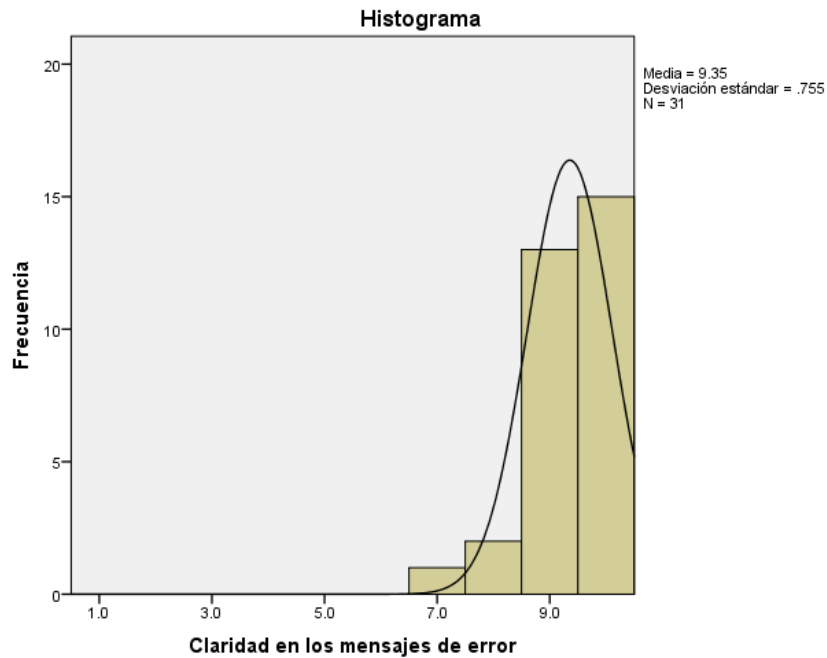


Figura 104. Histograma para la variable claridad en los mensajes de error

Finalmente, con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 2 por ciento del óptimo, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser utilizar un lenguaje de uso más común de la población objetivo en los dialogo de los mensajes de error.

5.2.2.5.3. Mensajes de error entendibles

La tabla 54 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.419) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), los Mensajes de error entendibles son Muy buenos ($8.0 \leq 9.419 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 0.9%.

Tabla 54. Análisis estadístico descriptivo para la variable mensajes de error entendibles

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.419 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .7648 |
| Asimetría | -1.383 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 1.989 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 105), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con unos *Mensajes de error entendibles Muy buenos*, pero sin llegar al *Óptimo*.

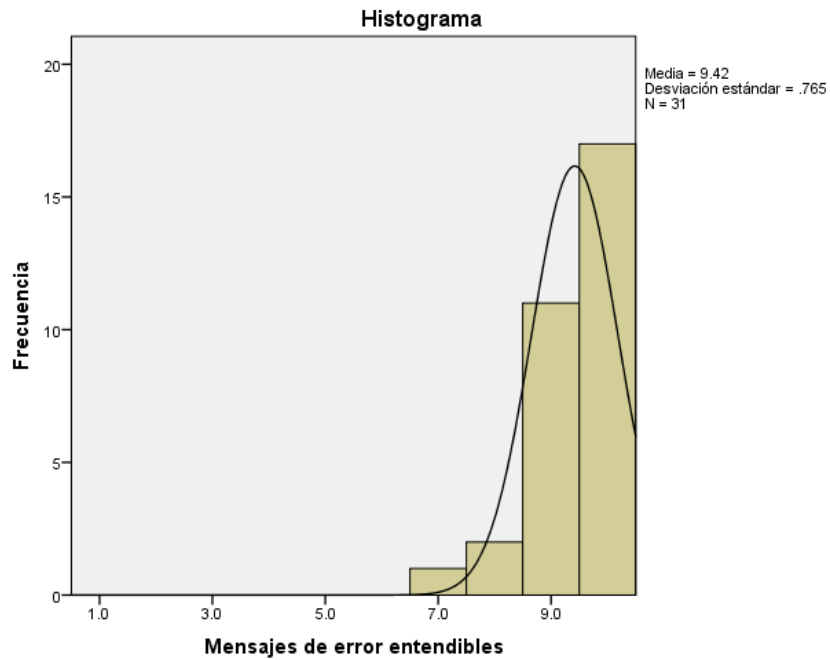


Figura 105. Histograma para la variable mensajes de error entendibles

Finalmente, con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 0.09 por ciento del óptimo, se encuentra prácticamente dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.5.4. Sugerencia de como llenar los datos

La tabla 55 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.581) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), las Sugerencia de como llenar los datos es Óptima ($9.5 \leq 9.581$).

Tabla 55. Análisis estadístico descriptivo para la variable sugerencia de como llenar los datos

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.581 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .7199 |
| Asimetría | -2.020 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 4.581 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 106), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con unas Sugerencias de como llenar los datos Óptimas.

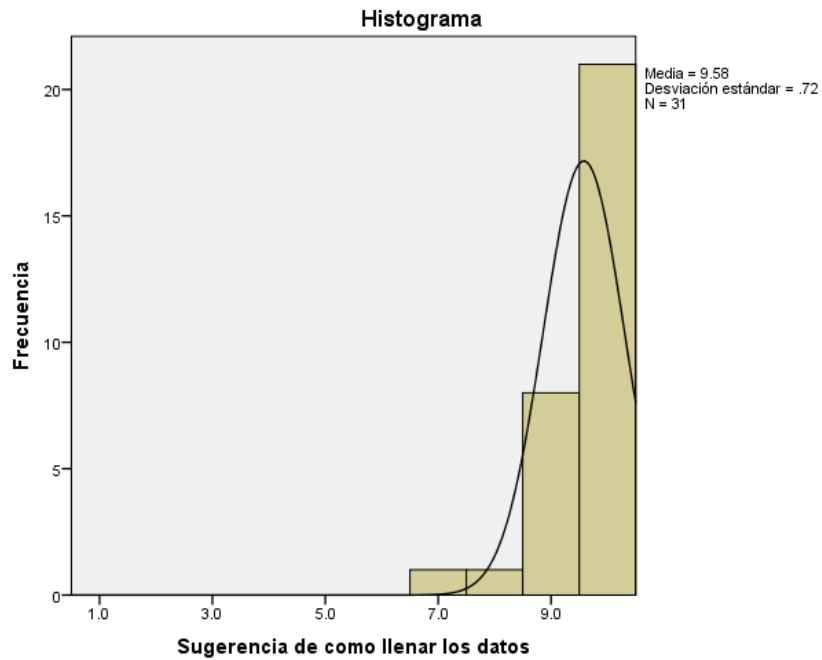


Figura 106. Histograma para la variable sugerencia de como llenar los datos

Finalmente, con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.5.5. Recuperación de errores

La tabla 56 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.097) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Recuperación de errores es Muy buena ($8.0 \leq 9.097 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 5%.

Tabla 56. Análisis estadístico descriptivo para la variable recuperación de errores

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.097 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | 1.0118 |
| Asimetría | -.824 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.428 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 107), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una Recuperación de errores Muy buena, pero sin llegar al *Óptimo*.

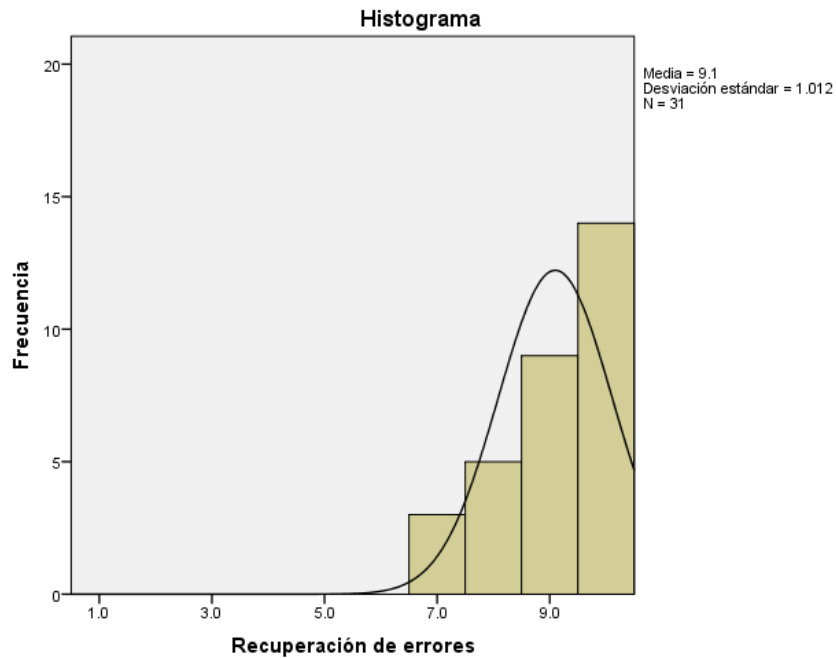


Figura 107. Histograma para la variable recuperación de errores

Finalmente, con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 5 por ciento del óptimo, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser crear un apartado que recopile todas las ayudas además incorporar otras estrategias para apoyar a la recuperación de errores.

5.2.2.6. Estética de la interfaz de usuario

El factor de estética de la interfaz de usuario se encarga de evaluar que tan atractiva resulta la aplicación al usuario y se compone de las variables Distribución de los elementos en pantalla, Diseño de pantalla agradable, Contraste de elementos en pantalla, Combinación de colores, Tipo de letra y Tamaño de letra.

5.2.2.6.1. Distribución de los elementos en pantalla

La tabla 57 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.484) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Distribución de los elementos en pantalla es Muy buena ($8.0 \leq 9.484 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 0.2%.

Tabla 57. Análisis estadístico descriptivo para la variable distribución de los elementos en pantalla

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.484 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .6768 |
| Asimetría | -.972 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.148 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 108), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una Distribución de los elementos en pantalla *Muy buena*, pero sin llegar al *Óptimo*.

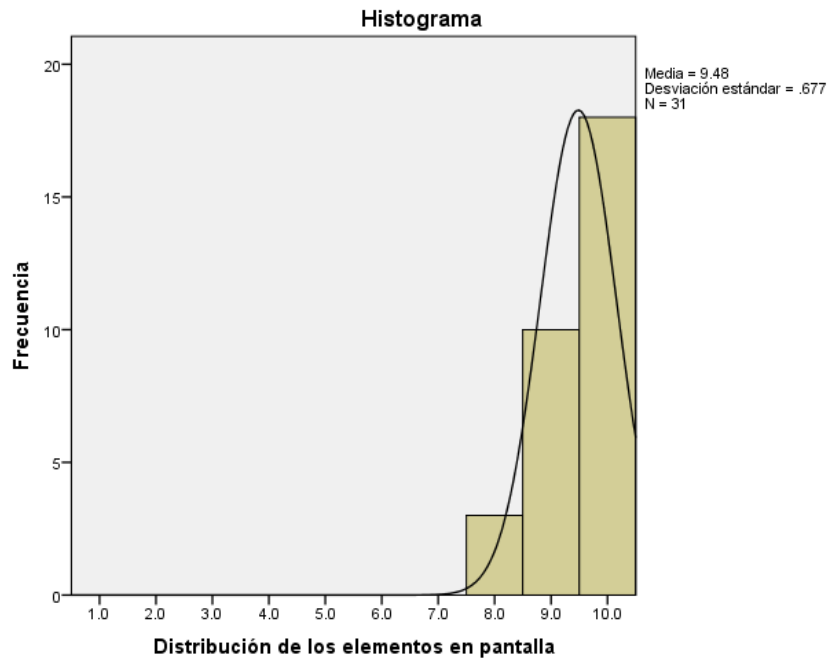


Figura 108. Histograma para la variable distribución de los elementos en pantalla

Finalmente, con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 0.02 por ciento del óptimo, se encuentra prácticamente dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.6.2. Diseño de pantalla agradable

La tabla 58 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.452) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el Diseño de pantalla agradable es Muy bueno ($8.0 \leq 9.452 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 0.5%.

Tabla 58. Análisis estadístico descriptivo para la variable diseño de pantalla agradable

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.452 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .6239 |
| Asimetría | -.686 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.404 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 109), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un Diseño de pantalla agradable Muy bueno, pero sin llegar al *Óptimo*.

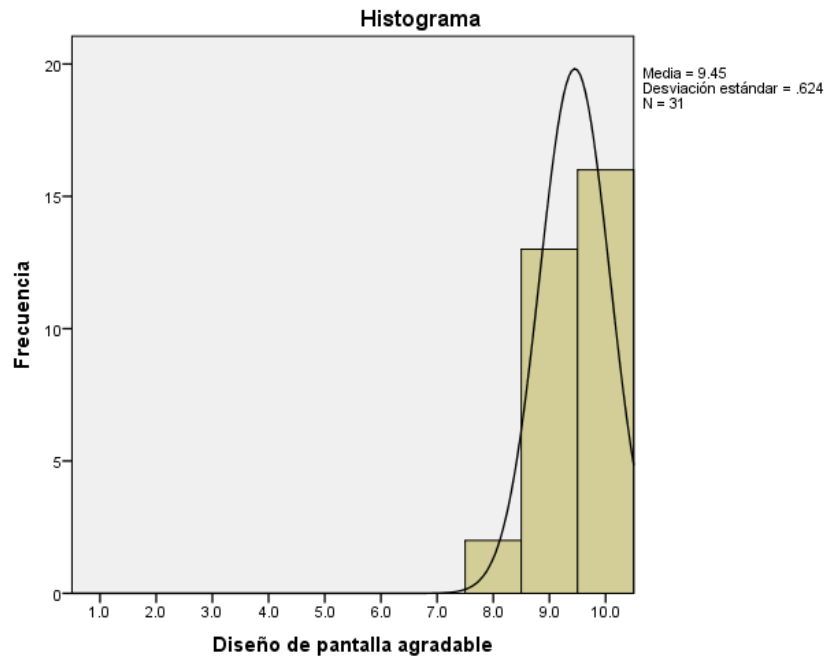


Figura 109. Histograma para la variable diseño de pantalla agradable

Finalmente, con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 0.05 por ciento del óptimo, se encuentra prácticamente dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.6.3. Contraste de elementos en pantalla

La tabla 59 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.452) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el Contraste de elementos en pantalla es Muy bueno ($8.0 \leq 9.452 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 0.5%.

Tabla 59. Análisis estadístico descriptivo para la variable contraste de elementos en pantalla

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.452 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .6752 |
| Asimetría | -.855 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | -.325 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 2.0 |
| Mínimo | 8.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 110), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un Contraste de elementos en pantalla Muy bueno, pero sin llegar al *Óptimo*.

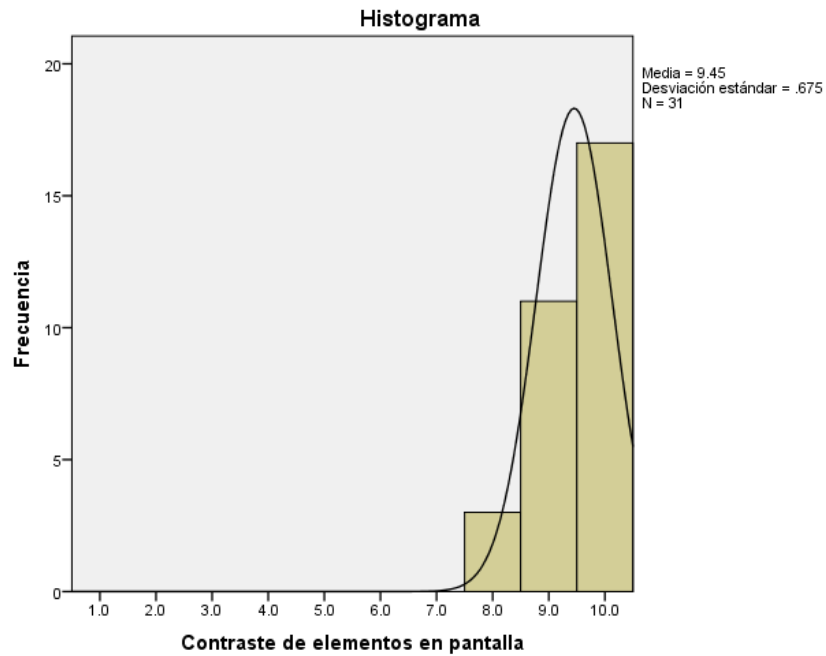


Figura 110. Histograma para la variable contraste de elementos en pantalla

Finalmente, Con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 0.05 por ciento del óptimo, se encuentra prácticamente dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.6.4. Combinación de colores

La tabla 60 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.097) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), la Combinación de colores es Muy buena ($8.0 \leq 9.097 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 5%.

Tabla 60. Análisis estadístico descriptivo para la variable combinación de colores

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.097 |
| Mediana | 9.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | 1.2208 |
| Asimetría | -1.841 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | 3.841 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 5.0 |
| Mínimo | 5.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 111), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con una *Combinación de colores Muy buena*, pero sin llegar al *Óptimo*.

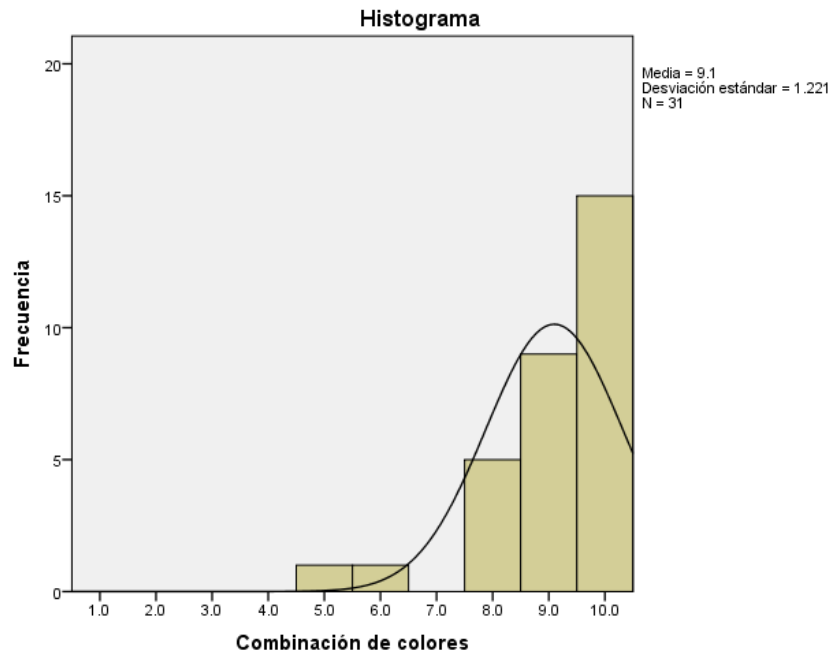


Figura 111. Histograma para la variable combinación de colores

Finalmente, con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 5 por ciento del óptimo, aun así, es importante mencionar que la combinación de colores no depende solo del sistema, sino también la apreciación del usuario, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser agregar un menú el cual permita personalizar los colores de la aplicación.

5.2.2.6.5. Tipo de letra

La tabla 61 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.419) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el Tipo de letra es Muy bueno ($8.0 \leq 9.419 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 0.9%.

Tabla 61. Análisis estadístico descriptivo para la variable tipo de letra

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.419 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .8475 |
| Asimetría | -1.311 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | .848 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 112), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un Tipo de letra Muy bueno, pero sin llegar al Óptimo.

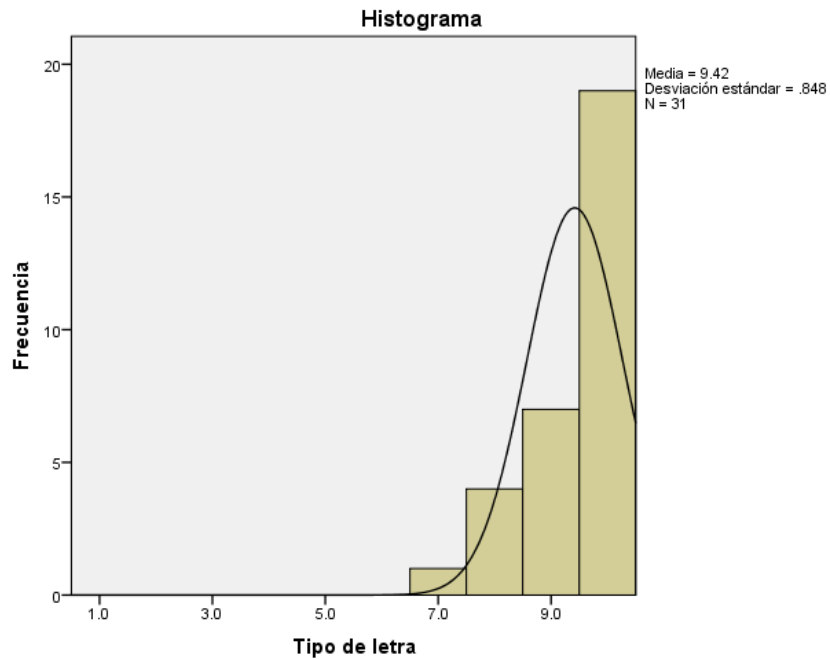


Figura 112. Histograma para la variable tipo de letra

Finalmente, Con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 0.09 por ciento del óptimo, se encuentra prácticamente dentro del rango óptimo buscado para el aplicativo, por lo que no sería necesario realizarle modificaciones de momento.

5.2.2.6.6. Tamaño de letra

La tabla 62 muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.290) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el Tamaño de letra es Muy bueno ($8.0 \leq 9.290 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 3%.

Tabla 62. Análisis estadístico descriptivo para la variable tamaño de letra

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 31 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.290 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .9016 |
| Asimetría | -1.215 |
| Error estándar de asimetría | .421 |
| Curtosis | .833 |
| Error estándar de curtosis | .821 |
| Rango | 3.0 |
| Mínimo | 7.0 |
| Máximo | 10.0 |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 113), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo cuenta con un Tamaño de letra Muy bueno, pero sin llegar al Óptimo.

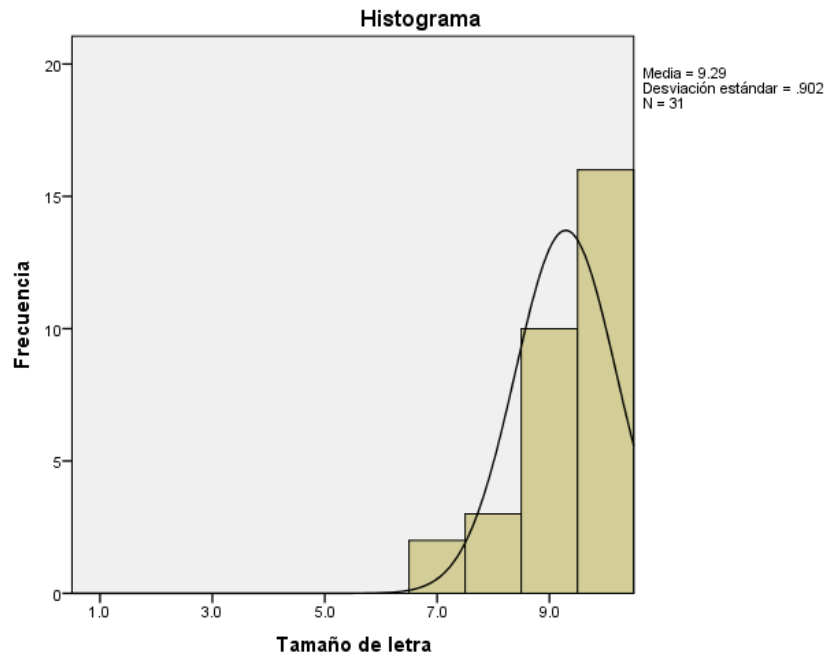


Figura 113. Histograma para la variable tamaño de letra

Finalmente, con el valor obtenido no percatamos que esta variable se encuentra a solo 3 por ciento del óptimo, por lo que una posible solución para aumentar este valor y alcanzar el óptimo podría ser incorporar la funcionalidad de configuración del tamaño de letra, para que el usuario pueda ajustarla a sus necesidades.

5.2.3. Análisis de datos para el producto en general

Terminado con todas las variables se decidió generar un análisis completo de todas las variables juntas para de esta manera calcular la calidad de toda la aplicación como un producto completo, pero esto se unieron los datos de cada variable una seguida de otra y se obtuvo la siguiente tabla 63, y muestra el análisis estadístico. Usando la media (9.342) y comparándola con la métrica de calidad definida previamente (Ver Tabla 35), el aplicativo en general es Muy bueno ($8.0 \leq 9.342 \leq 9.4$); por lo tanto, se reafirma que la calidad evaluada está cercana a la óptima, pero aún es necesario incrementarla en aproximadamente al menos un 2%.

Tabla 63. Análisis estadístico descriptivo para el producto en general

| Estadístico | Valor |
|-----------------------------|--------|
| N Válido | 837 |
| N Perdidos | 0 |
| Media | 9.342 |
| Mediana | 10.000 |
| Moda | 10.0 |
| Desviación estándar | .9217 |
| Asimetría | -1.904 |
| Error estándar de asimetría | .085 |
| Curtosis | 5.092 |
| Error estándar de curtosis | .169 |
| Rango | 6.0 |
| Mínimo | 4.0 |
| Máximo | 10.0 |

Es posible notar que el valor mínimo presentado es de un 4 que apareció una sola vez, el 5 un total de siete veces y el 6 cinco veces, siendo estos los valores más bajos, aun si los altos se repitieron con mucha más frecuencia como lo serian él 9 con 252 apariciones y el 10 sería con 462 resultados, por lo que, si hay valores muy bajos, la gran mayoría son realmente muy buenos, ver grafica 64.

Tabla 64. Frecuencia de valores en las encuestas de calidad para el producto en general

| Valor | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|-------|------------|------------|----------------------|
| 4.0 | 1 | .1 | .1 |
| 5.0 | 7 | .8 | 1.0 |
| 6.0 | 5 | .6 | 1.6 |
| 7.0 | 18 | 2.2 | 3.7 |
| 8.0 | 92 | 11.0 | 14.7 |
| 9.0 | 252 | 30.1 | 44.8 |
| 10.0 | 462 | 55.2 | 100.0 |
| Total | 837 | 100.0 | |

Adicionalmente, se realizó un histograma de frecuencias con la distribución normal superpuesta (Ver figura 114), en el cual podemos ver a simple vista que cuenta con una asimetría positiva demostrando que el aplicativo en general es *Muy bueno*, pero sin llegar al *Óptimo*.

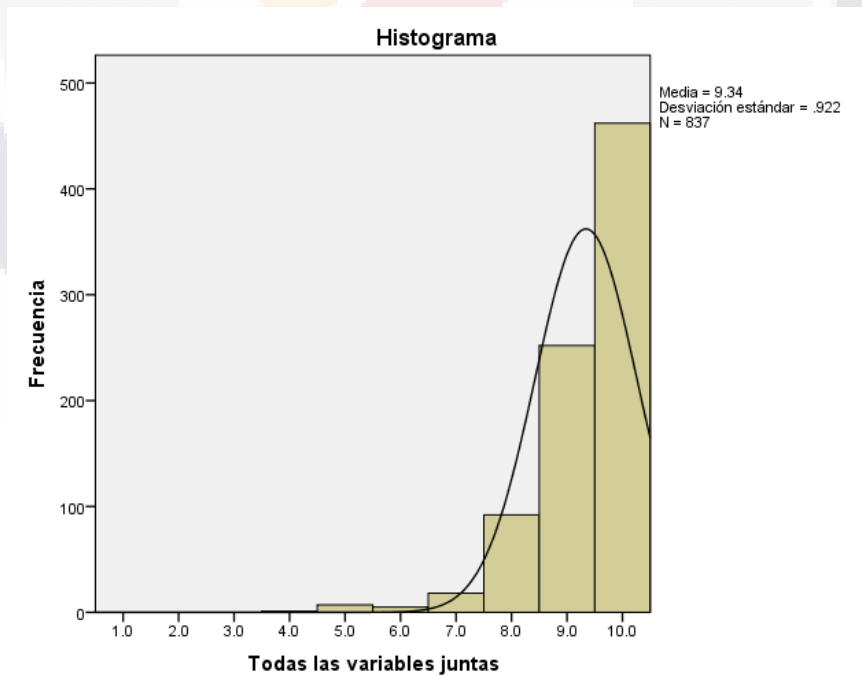


Figura 114. Histograma para el producto en general

Finalmente, podemos apreciar que el aplicativo se encuentra muy bien y si se realizan las adecuaciones antes mencionadas en cada uno de los apartados, se esperaría que la calificación individual por variable aumentara y por consiguiente también la calificación final del aplicativo.



6. Conclusiones

Una vez concluida la presente investigación es sustancial declarar las aportaciones más importantes. Por un lado, se desarrolló un trabajo innovador que podría mejorar la forma en que hasta ahora se han llevado a cabo los cultivos. Esta nueva forma, puede resultar en cultivos menos contaminantes y más amigables con el medio ambiente, ya que se maximiza la utilización del agua y los nutrientes, con una mejor relación costo-beneficio tanto para los agricultores como para los consumidores ya que se minimizan las posibles pérdidas debido a situaciones climáticas, se puede optimizar la maduración y corte de los vegetales y/o frutas y con esto reducir el desperdicio por corte tardío o muy anticipado, administrar lo más cercano al óptimo posible un invernadero para cultivos por parte de personas que no necesitan ser capacitados intensivamente en el uso de la tecnología, entre otras. A continuación, se detallan los resultados relevantes derivados de esta investigación.

Como parte del proceso de desarrollo de la aplicación se utilizó la metodología evolutiva de prototipos incrementales, con la cual se desarrolló en primera instancia, un prototipo que se fue ajustando a las necesidades detectadas en cada incremento, y fue sometido a la revisión de la tutora, cotutor, y miembros del comité tutorial, quienes, en el rol de expertos, dieron retroalimentación, sugerencias, así como consejos para mejorarlo. De esta forma se desarrolló una solución tecnológica que da solución a la problemática definida al inicio de la investigación.

En paralelo al proceso de desarrollo, se realizó el análisis del estándar de calidad ISO / IEC 25010, con la finalidad de definir las variables que, de este estándar, serían las adecuadas para medir la calidad de la aplicación diseñándose a la par, el cuestionario que fue utilizado para este propósito permitiendo detectar que 8 de las 27 variables evaluadas, obtuvieron valores óptimos superiores al 95% de calidad (Precisión de la Humedad 95.8%, Cantidad de vegetales para usar en el invernadero 95.8%, Iconos 95.8%, Lenguaje utilizado 96.4%, Constancia entre las páginas 95.8%, Facilidad de uso 96.4%, Preguntas de confirmación de acciones 95.8%, Preguntas de confirmación de acciones 95.8%, Sugerencia de como llenar los datos 95.8%), y las restantes 19, alcanzaron valores de calidad muy buenos (entre el 80% y 94%). De esta forma, la aplicación desarrollada no solo cumplió con los requisitos que los usuarios finales necesitan para administrar el invernadero inteligente, sino que lo hizo cubriendo con estándares de calidad (93.4% en general).

Así mismo, sobre la aplicación, se logró la implementación del proyecto con IoT que simuló un invernadero, así como los sensores dentro de este, que en distintas horas del día permitía la generación de valores de las variables de temperatura, humedad e iluminación, mismos que fueron almacenados en la base de datos de Firebase, donde la aplicación móvil desarrollada tenía acceso permitiéndole al usuario realizar la administración del invernadero (activar /desactivar el sistema de ventilación, riego e iluminación) lo que le permitía controlar los valores óptimos las variables para cada cultivo. Al mantener estas condiciones climáticas controladas y adecuándose de acuerdo con el vegetal plantado en el invernadero, se pretende lograr una mayor rentabilidad en los cultivos al reducir sus pérdidas los climas extremos y sus cambios drásticos, así como por simples descuidos humanos como olvidar regarlos, solo por mencionar un ejemplo.

De igual forma, con el aplicativo móvil desarrollado se permite que el cultivo alcance su mayor crecimiento antes de cortarlo disminuyendo sus pérdidas por cortes tardíos o prematuros. De esta forma, la aplicación permite orientar al usuario sobre la fecha óptima para el corte de los cultivos.

Sobre las variables que no alcanzaron valores óptimos en la escala de calidad con respecto al ISO/IEC 25010, se presenta la siguiente sección.

6.1. Posibles causas por las cuales no se alcanzó el óptimo en algunas variables

En base a los resultados obtenidos de la prueba con los usuarios objetivo se calculó la calidad relativa de cada variable, de entre las cuales algunas no alcanzaron el óptimo, por lo cual a continuación se concluye con las posibles causas que orillaron a que estas variables no alcanzaran su calidad deseada, omitiendo aquellas que quedaron con un porcentaje del 94% debido a la gran cercanía de estas con el objetivo de calidad esperado.

Tiempo de respuesta de los elementos en pantalla

Debido a que esta variable se encarga de medir el tiempo que transcurre desde que el usuario presiona un elemento en pantalla hasta que este recibe una respuesta, no necesariamente es un problema de la aplicación desarrollada, por lo que las posibles causas por las no alcanzo el óptimo pueden ser las siguientes.

- Infraestructura limitada donde se ejecuta el aplicativo
- Poca velocidad de red de internet en la que se encuentra el usuario

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Tiempo de transición entre pantallas

Debido a que esta variable se encarga de medir el tiempo que transcurre desde que el usuario realiza una acción que desencadena un cambio de pantalla hasta que aparece la pantalla nueva, no necesariamente es un problema de la aplicación desarrollada, por lo que las posibles causas por las no alcanzo el óptimo pueden ser las siguientes.

- Infraestructura limitada donde se ejecuta el aplicativo
- Poca velocidad de red de internet en la que se encuentra el usuario

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Tiempo de carga de contenido

Debido a que esta variable se encarga de medir el tiempo que transcurre desde que se muestra la pantalla hasta que se carga el contenido en pantalla y esta se vuelve usable, no necesariamente es un problema de la aplicación desarrollada, por lo que las posibles causas por las no alcanzo el óptimo pueden ser las siguientes.

- Infraestructura limitada donde se ejecuta el aplicativo
- Poca velocidad de red de internet en la que se encuentra el usuario

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Cantidad de variables para administrar el invernadero

Este factor se encarga de medir la cantidad de variables utilizadas para administrar el invernadero, es decir, los tres valores a medir que son la temperatura dentro del invernadero, la humedad del suelo y la iluminación ambiental, por lo que la causa de que no alcanzara

el óptimo puede deberse a que los usuarios prefieren contar con más información sobre cómo se encuentran los cultivos dentro del invernadero.

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Precisión de la humedad

En este caso, no solo no se alcanzó el óptimo deseado, sino que se presentaron algunos valores más bajos que el rango esperado, por lo que analizando los comentarios dejados por los usuarios que usaron la aplicación nos percatamos que algunos no se encuentran familiarizados con el concepto de medir la humedad de sus cultivos y únicamente se limitan a regarlos periódicamente.

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Precisión de la iluminación

De forma similar al de la variable anterior, en los resultados de la precisión de la iluminación se presentaron valores más bajos de los esperados, lo que analizando los comentarios dejados por los usuarios podemos apreciar que a algunos de estos se les dificulta medir la iluminación de sus cultivos además que desconocen la unidad de medida de esta.

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Interfaces fáciles de entender

Para la variable de Interfaces fáciles de entender es importante reconocer que la comprensión de las interfaces va relacionada con la cantidad de experiencia que tenga el usuario en el uso de otras aplicaciones, por ejemplo, algunos usuarios tenían problemas al distinguir el menú localizado en la barra del lateral izquierdo de la pantalla.

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Flujo de pantallas lógico

De forma similar al de la variable anterior, la percepción del flujo de pantallas también va relacionado con la cantidad de experiencia que tengan los usuarios con el uso de aplicaciones móviles, por lo cual las pantallas que solo eran accesibles desde el menú lateral como el dar de alta, eliminar y editar los cultivos y zonas se volvían complicadas de acceder a estas pantallas.

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Claridad en los mensajes de error

Los mensajes de error se presentan cuando el usuario trata de realizar alguna acción que se consideren equivocada o pueda desatar algún problema en el aplicativo, por lo que la posible causa por la que no se alcanzó el óptimo es la forma en la que se encuentran redactados los mensajes.

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Recuperación de errores

Para esta variable, se presentó que algunos usuarios no tenían muy claro como recuperarse de los errores que ellos mismos generan o del aplicativo mismo, por lo que las posibles causas de que esta variable no alcanzara el óptimo son las siguientes.

- El usuario no leyó el mensaje de error antes de cerrarlo
- El usuario olvidó el procedimiento para recuperarse del error

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Combinación de colores

Para la variable de Combinación de colores, se encontró que a algunos usuarios no les agradaban los colores utilizados para el aplicativo, siendo este más un elemento de percepción de cada usuario y no tanto un problema del aplicativo.

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y alcance el 95% de calidad deseado se encuentran redactas en el siguiente capítulo llamado 6.3 Trabajos Futuros.

Tamaño de letra

Finalmente, en el Tamaño de la letra se apreció que algunos usuarios se encuentran en edades avanzadas, como lo demuestran los valores demográficos, por lo que su vista ya no es tan aguda al momento de leer.

6.2. Limitantes

Es importante mencionar, los casos en los cuales funciona adecuadamente el aplicativo, así como las limitantes que se presentaron en él desarrollo del proyecto y que pudieron llegar a repercutir en las pruebas finales.

Un factor que si bien, no es necesariamente una limitante en este caso de estudio, si se puede llegar a influir en los resultados obtenidos es el tamaño de la muestra de usuarios objetivo en la prueba del segundo prototipo, la cual solo fue de 32 usuarios.

Debido a que la aplicación desarrollada requiere de internet para funcionar, una limitante que se presento fue que al realizar la demostración y uso de la aplicación se hizo sobre los datos móviles del celular y en zonas remotas como rancherías donde la conexión de red no era estable y lenta, se presentaron tiempos de carga más largo y hasta desconexiones de la red que influyeron en la precepción de la calidad del aplicativo por parte de los usuarios.

Es importante también recordar la epidemia ocurrida mundial debido al Coronavirus (COVID-19), la cual llego al país a principios del año 2020, estando presente en la mayor parte del tiempo en el que se llevó a cabo este estudio, y que logro influir en gran medida dificultando la comunicación, aplicación y recolección de datos tanto en la prueba piloto como con los usuarios objetivo, en adición al deterioro de la salud mental a causa del estrés, ansiedad y falta de sueño de los involucrados.

6.3. Trabajos futuros

Como es apreciable, una gran parte de las variables utilizadas para medir la calidad de la aplicación desarrollada no alcanzaron el valor óptimo esperado, por lo que se podría mejorar estas variables y a su vez la calidad de la aplicación también se incremente. En seguida se redactan las posibles soluciones que se pueden implementar para las variables que no alcanzaron el valor óptimo, dejando fuera las que quedaron extremadamente cercas.

Tiempo de respuesta de los elementos en pantalla

Las posibles soluciones para mejorar la calidad de esta variable serían las siguientes.

- Ejecutar el aplicativo sobre un dispositivo con mejores características
- Utilizar la aplicación dentro de una red de internet ad hoc

Tiempo de transición entre pantallas

Las posibles soluciones para mejorar la calidad de esta variable serían las siguientes.

- Ejecutar el aplicativo sobre un dispositivo con mejores características
- Utilizar la aplicación dentro de una red de internet ad hoc

Tiempo de carga de contenido

Las posibles soluciones para mejorar la calidad de esta variable serían las siguientes.

- Ejecutar el aplicativo sobre un dispositivo con mejores características
- Utilizar la aplicación dentro de una red de internet ad hoc

Cantidad de variables para administrar el invernadero

La posible solución para mejorar la calidad de este factor sería el agregar alguna otra variable que se pueda medir dentro del invernadero, como podría ser la presión atmosférica, la altitud, la humedad ambiental o la presión atmosférica, variable que se han llegado a utilizar en casos similares para llegar a tener más información del estado de los cultivos.

Precisión de la humedad

Debido a que la causa de esta variable no alcanzara el óptimo está relacionada con el usuario que utiliza la aplicación, la solución propuesta sería el concientizar a los usuarios que fueran a utilizar el aplicativo de la importancia de llevar un control en la humedad de los cultivos, por ejemplo, mediante la introducción de un video dentro de la aplicación.

Precisión de la iluminación

Para el caso de esta variable la posible solución para tratar de alcanzar el óptimo sería el cambiar el sistema de medición utilizado por uno más adecuado al público que va dirigido

el aplicativos, por ejemplo, cambiar los Lx que es el sistema usado actualmente por un valor en porcentajes.

Interfaces fáciles de entender

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y que alcance el 95% de calidad deseado sería el tratar de simplificar más las interfaces del sistema de acuerdo con el público al que va dirigido como eliminar el botón de hamburguesa y el gesto de deslizar de izquierda a derecha que servían para acceder al menú lateral de opciones y sustituirlo por botones estáticos.

Flujo de pantallas lógico

Las posibles soluciones para mejorar esta variable y que alcance el 95% de calidad deseado sería el tratar de simplificar más el flujo de pantallas de acuerdo con el público al que va dirigido como eliminar este menú lateral de opciones debido a que los usuarios se confundían por la posición de este menú y sustituirlo por otro que sean de conocimiento de la mayoría de los usuarios, como, por ejemplo, que este sea estático y este visible todo el tiempo en el mismo lugar.

Claridad en los mensajes de error

La variable de claridad en los mensajes de error está directamente relacionada con la forma en que se redactaron estos mensajes de error, por lo cual la solución propuesta para tratar de llegar al óptimo será el explicar de mejor manera la posible causa del error y con lenguaje que sea de uso común de los usuarios para que pueda ser comprendido simplemente.

Recuperación de errores

En este caso la propuesta para mejorar la calificación de esta variable sería agregar un apartado de ayuda que contenga los posibles errores más frecuentes y las soluciones a estos para que pueda acceder a este en cualquier momento y en cualquier lugar.

Combinación de colores

La solución propuesta para aumentar el valor de esta variable y tratar de alcanzar el óptimo es el agregara un menú en el cual el usuario pueda personalizar los colores que él le parezcan más adecuados para él.

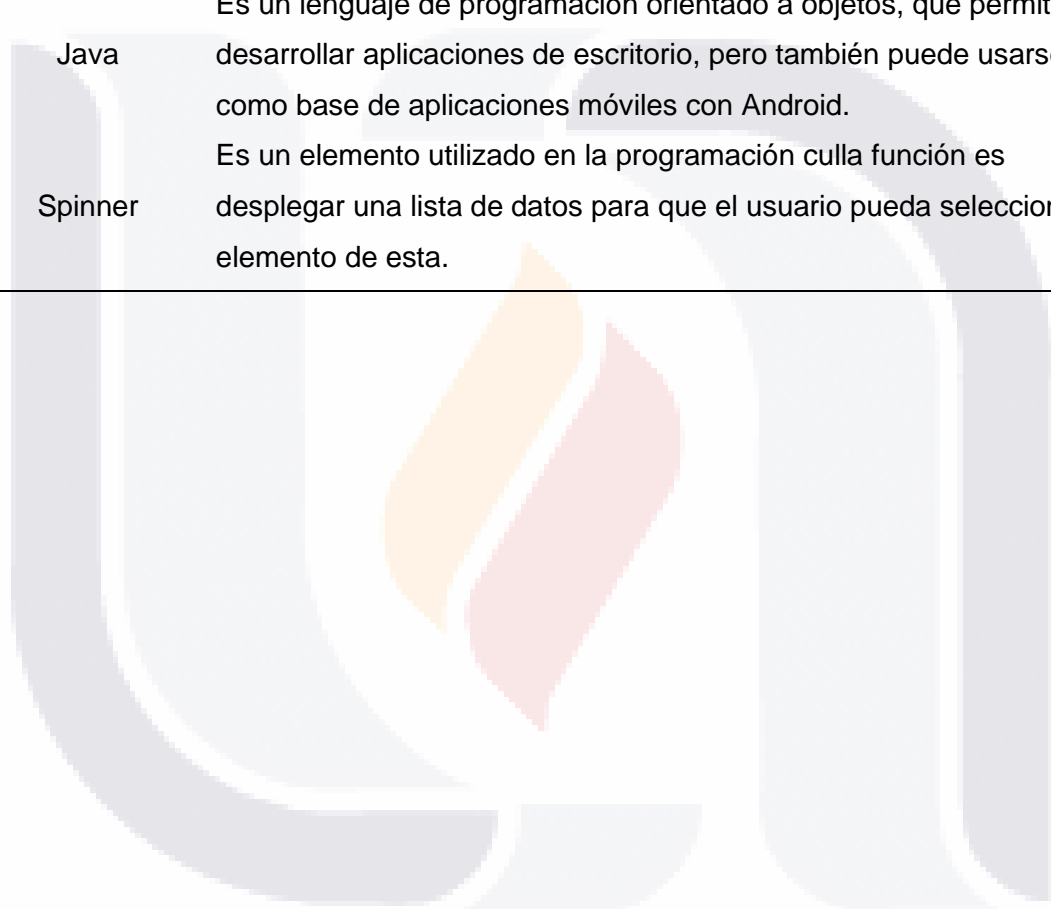
Tamaño de letra

En este caso, la propuesta para tratar de alcanzar el óptimo sería el aumentar el tamaño de la letra para que puedan leerla sin problemas, o darle la posibilidad de que pueda personalizar el tamaño a su gusto.



Glosario

| Palabra | Definición |
|---------|--|
| Android | Es un sistema operativo principalmente enfocado en dispositivos móviles y es de código abierto. |
| Bot | Es un programa el cual se encarga de ejecutar automáticamente tareas. |
| Java | Es un lenguaje de programación orientado a objetos, que permite desarrollar aplicaciones de escritorio, pero también puede usarse como base de aplicaciones móviles con Android. |
| Spinner | Es un elemento utilizado en la programación cuya función es desplegar una lista de datos para que el usuario pueda seleccionar un elemento de esta. |



Referencias

- Aguilar, N. E. S. (2020). Diseño de un Sistema Inteligente para el Control Automatizado de Invernaderos. In *Hipertexto* (Vol. 11). Universidad Autónoma Del Estado De Morelos.
- Ashton, K. (2010). RELATED CONTENT RFID-Powered Handhelds Guide Visitors at Shanghai Expo Despite Sluggish Growth, Taiwan's RFID Industry Remains Committed Mobile RTLS Tracks Health-care Efficiency RFID Journal LIVE! 2010 Report, Part 2 That "Internet of Things" Thing. In *That "Internet of Things" Thing-RFID Journal*.
- Aypay, A. (2010). Information and Communication Technology (ICT) usage and achievement of Turkish students in PISA 2006. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(2), 116–124.
- Chávez Lugo, P., Figueroa Galeana, E., y Jiménez Valenzo, M. A. (2019). *Gestión de las TICs en el Contexto de las Ciencias Administrativas y la Competitividad en las Organizaciones en México* (Issue December).
- Chávez Sánchez, G. (2013). Las TIC y sus aplicaciones. La conformación de una nueva cultura digital. *Revista UNAM*, 14(2), 1–2.
- Darren, G., y Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows Step by Step A Simple Guide and Reference Fourth Edition (11.0 update)*.
- Despommier, D. (2011). The vertical farm: Controlled environment agriculture carried out in tall buildings would create greater food safety and security for large urban populations. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 6(2), 233–236. <https://doi.org/10.1007/s00003-010-0654-3>
- Firestore. (n.d.). *Documentación | Firestore*. Retrieved June 13, 2021, from <https://firebase.google.com/docs>
- Fukase, E., y Martin, W. (2017). *Economic Growth, Convergence, and World Food Demand and Supply*. Noviembre, 46.
- Gallegos, R., Grandet, C., y Ramirez, P. (2014). Los Emprendedores de TIC en México. *Portal Del IMCO*, 122.
- García, E., y Flego, F. (2001). Agricultura de precisión. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 10(3), 7–10.
- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. https://books.google.com.mx/books?hl=esylr=yid=rnqan8BOVNACyoi=fndypg=PR1ydq=agricultura+sostenibleyots=AildDvuumEysig=TdJKMhwloT8oZOOoMC4qMX2oEdIyedir_esc=y#v=onepageyq=agricultura+sostenibleyf=false
- Hernandez, M. F., Rosas, M. E., Martinez, M. A., Aldama, R., Gonzalez, E. G. R., Arcos, R., Gómez, S., Ramírez, M., y Rafael, D. de. (2013). Invernadero Inteligente con PLC's. *Tecnologicouniversitario.Com*, 1–8.

- IICA. (2014). La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible. In *Posicionamiento Institucional*.
- INEGI. (2019). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2019. In *Boletín de prensa: Vol. 131/16*.
- ISO 25010. (n.d.). Retrieved August 26, 2021, from <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- Jia, X., Feng, Q., Fan, T., y Lei, Q. (2012). RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). *2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks, CECNet 2012 - Proceedings*, 1282–1285. <https://doi.org/10.1109/CECNet.2012.6201508>
- Jiménez, A. G., Orenes, P. B., y Puente, S. N. (2010). Una aproximación al concepto de frontera virtual. Identidades y espacios de comunicación. (Spanish). *Revista Latina de Comunicación Social*, 13, 1–8. <https://doi.org/10.4185/RLCS-65-2010-894-214-221>
- Kelly, G. (2014). *5 Key Reasons WhatsApp Is Worth \$19 Billion - To Facebook*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/gordonkelly/2014/02/20/5-key-reasons-whatsapp-is-worth-19bn-to-facebook/?sh=549ccea60d9>
- Khanna, A., y Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. In *Computers and Electronics in Agriculture* (Vol. 157, pp. 218–231). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>
- Kline, Paul. (2014). *An easy guide to factor analysis*. Routledge.
- Li, S., Han, Y., Li, G., Zhang, M., Zhang, L., y Ma, Q. (2012). Design and implementation of agricultural greenhouse environmental monitoring system based on Internet of Things. *Applied Mechanics and Materials*, 121–126, 2624–2629. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.121-126.2624>
- Medela, A., Cendón, B., González, L., Crespo, R., y Nevares, I. (2013). IoT multiplatform networking to monitor and control wineries and vineyards. *2013 Future Network and Mobile Summit, FutureNetworkSummit 2013*.
- NORMAS ISO 25000. (n.d.). Retrieved August 26, 2021, from <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000?start=0>
- Pardo, M. E., Izquierdo, J., y Fuentes, H. (2004). *Las tecnologías de la información y las comunicaciones en la dinámica del proceso docente educativo en la educación superior*.
- PINE64. (2017). *PINE A64-LTS | PINE64*. <https://www.pine64.org/devices/single-board-computers/pine-a64-lts/>
- PINE64. (2021). *SOPINE Software Release - PINE64*. https://wiki.pine64.org/wiki/SOPINE_Software_Release

- Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del software un enfoque práctico. Séptima edición. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Rode, C., Gamarra, R., Espinosa, P., Guizar, G.-R., Díaz, R., Cruz, P., y Gutiérrez, M. (2010). *Invernadero Inteligente basado en un Enfoque Sustentable para la Agricultura Mexicana*. Mayo 2015, 1–8.
- Ruan, J., y Shi, Y. (2016). Monitoring and assessing fruit freshness in IOT-based e-commerce delivery using scenario analysis and interval number approaches. *Information Sciences*, 373, 557–570. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.07.014>
- Ruiz, T. Y., y Febles, G. (2004). La desertificación y la sequía en el mundo. *Universidad de Colima*, 8(2), 11. <http://www.redalyc.org/pdf/837/83780201.pdf>
- Salazar, J., y Silvestre, Y. S. (2016). *Internet de las Cosas*.
- Saville, R., Hatanaka, K., y Wada, M. (2016, February 8). ICT application of real-time monitoring and estimation system for set-net fishery. *OCEANS 2015 - MTS/IEEE Washington*. <https://doi.org/10.23919/oceans.2015.7404524>
- Segura Parra, G. (2018). Identificación de posibles causas de la baja producción de café en el municipio de Almeida Boyacá. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*.
- Serna Ruiz, A., Ros García, F. A., y Rico Noguera, J. C. (2010). Guía Práctica de Sensores. In *Creaciones Copiright, S.L.*
- Sommerville, I. (2005). Ingeniería de Software, Séptima edición. In *Pearson Educación, S.A.* (Séptima ed).
- Soto, J. P. T., Suárez, J. de los S. S., Rodríguez, A. B., y Cainaba, G. O. R. (2019). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual. *Lámpsakos*, 22, 86. <https://doi.org/10.21501/21454086.3253>
- Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., Freisinger, U. B., Sawicka, M., Werner, A., Thomaier, S., Henckel, D., Walk, H., y Dierich, A. (2014). Urban agriculture of the future: An overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. *Agriculture and Human Values*, 31(1), 33–51. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9448-4>
- Universidad Internacional de Valencia. (2018). *Rfid: qué es y cómo funciona | VIU*. Web. <https://www.universidadviu.com/co/actualidad/nuestros-expertos/rfid-que-es-y-como-funciona>
- Villalobos, F., Mateos, L., Orgaz, F., y Fereres, E. (2009). *Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola - Francisco J. Villalobos Martín - Google Libros*.
- Weber, R. H. (2010). Internet of Things - New security and privacy challenges. *Computer Law and Security Review*, 26(1), 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2009.11.008>
- Zambrano, D., y Zambrano, M. (2019). Las Tecnologías De La Información Y Las Comunicaciones (Tics) En La Educación Superior: Consideraciones Teóricas. *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa (REFCaE)*, 7, 213–228.